RAPPORT DE RECHERCHE

INCIDENCE DE L'AMÉNAGEMENT URBAIN ET DE L'ACCESSIBILITÉ DU TRANSPORT SUR L'UTILISATION DE LA VOITURE PARTICULIÉRE

SÉRIE SUR
LA MAISON ET
LES COLLECTIVITÉS
SAINES

SCHL CMHC

AU COEUR DE L'HABITATION
Canada

SCHL—Au cœur de l'habitation

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) est au cœur de l'habitation. Toutes ses activités visent à aider les Canadiens et les Canadiennes à vivre dans un logement sûr à tout point de vue.

À titre d'organisme national responsable du logement, la SCHL joue un rôle important dans le secteur canadien de l'habitation. Elle propose de nouvelles façons de financer l'achat des maisons. Elle favorise l'innovation dans le domaine de la technologie et de la conception des habitations. Grâce à son assurance prêt hypothécaire, elle aide les Canadiens et les Canadiennes à réaliser leur rêve et à posséder leur propre maison.

Les Canadiens et les Canadiennes tirent avantage de la collaboration de la SCHL avec ses partenaires des secteurs public, privé et sans but lucratif en vue d'améliorer la qualité et l'accessibilité des logements et de faire en sorte qu'ils soient plus abordables, partout au pays.

L'aide accordée par la SCHL permet aux ménages à faible revenu, aux aînés, aux personnes handicapées et aux Autochtones de vivre dans des logements convenables et abordables. La SCHL crée des emplois pour les Canadiens et les Canadiennes dans le domaine des produits et services en aidant le secteur de l'habitation à exporter ses connaissances et ses compétences dans d'autres pays.

Les recherches de pointe effectuées par la SCHL améliorent la qualité des logements et font en sorte que ceux-ci soient plus abordables. Afin d'aider les Canadiens et les Canadiennes à tirer profit de son savoir-faire dans le domaine de l'habitation et à prendre des décisions éclairées, la SCHL est devenue le plus important éditeur canadien de publications portant sur le logement. Elle possède également la collection la plus complète de documents sur l'habitat.

Les Canadiens et les Canadiennes peuvent avoir facilement accès à nos informations par l'entremise des points de vente et des bureaux régionaux de la SCHL.

Vous pouvez aussi communiquer avec nous par téléphone :
1 800 668-2642 [à l'extérieur du Canada : (613) 748-2003]
ou par télécopieur : (613) 748-4069.
Pour nous joindre en direct, visitez notre page d'accueil à l'adresse suivante : « www.cmhc-schl.gc.ca »

La Société canadienne d'hypothèques et de logement appuie la politique du gouvernement fédéral sur l'accès à l'information pour les personnes handicapées. Si vous désirez obtenir la présente publication en des médias substituts, composez le 1 800 668-2642.

101-01269/

INCIDENCE DE L'AMÉNAGEMENT URBAIN ET DE L'ACCESSIBILITÉ DU TRANSPORT SUR L'UTILISATION DE LA VOITURE PARTICULIÈRE

SOMMAIRE

par
Hunt Analytics Incorporated

pour
Susan Fisher, Division de la recherche
Société canadienne d'hypothèques et de logement,
Environnement Canada
et
Santé Canada

La SCHL offre une vaste gamme de produits d'information sur le logement. Pour obtenir plus de détails, veuillez composer le 1 800 668-2642 ou visitez notre site Web à www.cmhc-schl.gc.ca

This publication is also available in English under the title: *The Impact of Urban Form and Travel Accessibility on Private Vehicle Use*, PE0342

Cette recherche a été financée par la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL). La qualité rédactionnelle de ce rapport, son contenu et les opinions qui y sont émises sont de l'auteur. La SCHL ne saurait en assumer la responsabilité et se dégage de toute obligation relativement aux conséquences résultant de l'utilisation que le lecteur pourrait faire des renseignements, des matériaux ou des techniques qui y sont décrits.

Données de catalogage avant publication (Canada)

Vedette principale au titre :

Incidence de l'aménagement urbain et de l'accessibilité du transport sur l'utilisation de la voiture particulière : sommaire

Publ. aussi en anglais sous le titre: The impact of urban form and travel accessibility on private vehicle use.
Comprend des références bibliographiques.
ISBN 0-660-96189-X
No de cat. NH15-320/1999F

1. Transports urbains — Canada.
2. Transports urbains — Canada — Planification.
I. Hunt Analytics Inc.
II. Société canadienne d'hypothèques et de logement.

HE311.C3I56 1999 388.4'0971 C99-980267-4

© 1999, Société canadienne d'hypothèques et de logement. Tous droits réservés. La reproduction, le stockage ou la transmission d'un extrait quelconque de cet ouvrage, par quelque procédé que ce soit, tant électronique que mécanique, par photocopie ou par microfilm, sont interdits sans l'autorisation préalable écrite de la Société canadienne d'hypothèques et de logement.

Imprimé au Canada
Réalisé par la SCHL

REMERCIEMENTS

Cette étude a été possible grâce à la participation financière et les conseils de la Société canadienne d'hypothèques et de logement, en collaboration avec Environnement Canada et Santé Canada. L'appui de la Ville d'Edmonton s'est également avéré important puisque celle-ci a fourni une base de données fondée sur son enquête intitulée *Household Travel Survey* ainsi que le soutien et les conseils techniques de son personnel. L'aide du Dr Alan Brownlee a aussi été très précieuse.

SOMMAIRE

Historique

Vu une prise de conscience croissante concernant les répercussions environnementales de la voiture particulière, bon nombre de chercheurs et de décideurs s'efforcent de diminuer notre dépendance de ce moyen de transport. Nous sommes de plus en plus nombreux à croire que ce sera possible par une conception soigneuse des aménagements urbains, ce qui comprend l'incitation aux aménagements mixtes et compacts et l'amélioration des réseaux de transport. Mais nous ne sommes pas encore fixés quant à la mesure dans laquelle ces changements nous ferons délaisser nos voitures. Pour formuler des recommandations efficaces, il faut avoir bien assimilé l'incidence des tendances relatives à l'utilisation des sols sur l'utilisation de l'automobile. Cette étude examine les facteurs qui influent sur l'utilisation de la voiture particulière par l'analyse des données recueillies à Edmonton sur les déplacements des ménages.

L'étude comble des lacunes importantes dans notre connaissance de l'incidence des aménagements urbains sur le moyen de transport de prédilection. Ces lacunes avaient été cernées dans un dépouillement des ouvrages réalisé dans le cadre de l'étude.

- Elle se fonde sur des données empiriques basées sur les déplacements observés dans une ville canadienne, pour aboutir à des conclusions plus pertinentes pour le contexte canadien que les données empiriques précédentes sur la question, qui reposaient presque toutes sur les données d'autres pays.

- Son champ englobe une gamme étendue de mesures couvrant la complexité des facteurs influant sur les déplacements de manière plus complète que beaucoup d'autres études. Ceci comprend des mesures d'accessibilité propres aux modes de transport, qui représentent la distribution spatiale des activités, à savoir la composition et la densité des aménagements, de même que les frais de stationnement, les tarifs de transport en commun, les débits de circulation automobile et d'autres facteurs.

- Elle comprend une régression à variables multiples pour tenir compte des effets de la colinéarité entre les variables explicatives. De nombreuses autres études ont surestimé l'influence de certains facteurs, comme la densité, parce qu'elles ne considéraient qu'une variable explicative à la fois; elles ont donc omis de faire la corrélation avec d'autres variables telles que le revenu et la taille des ménages.

- Elle tient compte de différents aspects des déplacements de ménages, à savoir le mode choisi, les sorties et le nombre d'arrêts par sorties pour les déplacements obligatoires et discrétionnaires, ainsi que l'appartenance d'une voiture, pour ainsi donner un aperçu plus complet de tous les facteurs influant sur les différents aspects du déplacement. Elle permet d'étoffer les résultats des études précédentes qui tenaient compte d'un seul de ces aspects, pour ainsi comprendre l'influence de différents facteurs sur les déplacements des ménages et l'utilisation de l'automobile plus particulièrement.

Méthodologie

Des analyses de régression à variables multiples ont été exécutées pour déterminer l'influence d'une gamme de variables explicatives sur diverses variables indicatives liées au comportement des ménages lorsqu'ils se déplacent, dont le kilométrage total des véhicules (KTV) pour chaque ménage un jour de semaine normal. Les données sur les déplacements sont dérivées d'un sondage mené par la Ville d'Edmonton sur le déplacement des ménages, dans lequel plus de 6 000 ménages ont signalé

leurs déplacements pour les 24 heures d'un jour de semaine sélectionné au hasard à l'automne de 1994. Outre les KTV quotidiens des ménages, les facteurs influant sur l'appartenance d'une voiture de même que sur les déplacements obligatoires et discrétionnaires ont été examinés.

Les variables explicatives comportent différentes représentations de la forme des aménagements urbains, assorties des caractéristiques démographiques des ménages, telles que leur revenu et leur taille. Des descriptions d'aménagements urbains ont été réalisées en divisant le secteur métropolitain de recensement (SMR) d'Edmonton en 486 zones, chacune ayant des caractéristiques urbaines assez homogènes. Les valeurs des variables (sauf démographiques) attribuées à chaque emplacement d'habitation et d'emploi figurant dans l'enquête auprès des ménages correspondent aux attributs de la zone dans laquelle il se trouve. Des réseaux de noeuds et de liens ont servi à représenter les divers réseaux de transport, soit le réseau routier, le transport en commun, et les pistes piétonnes et cyclables.

Les variables explicatives tombent dans trois catégories :

- mesures d'accessibilité pour un mode de transport donné (i.e. automobile, marche à pied, bicyclette et transport en commun) pour les zones où se trouvent les habitations et lieux de travail. Les variables de ce groupe portent sur la distribution spatiale et l'ampleur des activités (combinaison de densité et des différentes utilisations des terrains) de même que la facilité de déplacement entre ces activités assuré par les réseaux de transport qui les relient. L'accessibilité d'un emplacement augmente proportionnellement au nombre d'activités à proximité et au caractère pratique du transport (facilité, temps, attrait et coûts, y compris le coût du stationnement)
- densité de la population et des emplois et
- tracé du réseau routier du quartier.

Des équations régressives comportant différentes combinaisons de variables explicatives ont été estimées à la lumière des données d'observations, après quoi des indices de leur influences sur les déplacements ont été dérivées.

Constatations et conclusions

Parmi tous les différents groupes de variables qui ont été examinées (voir méthodologie), c'est celui des variables démographiques qui a affiché le plus d'influence sur l'utilisation de la voiture. De toutes les variables étudiées, l'appartenance d'une voiture par le ménage a la plus grande influence. D'autres variables démographiques, comme le revenu et la taille du ménage, influencent fortement la fréquence d'utilisation de la voiture. Les facteurs qui touchent le plus l'appartenance d'une voiture sont le nombre de personnes dans le ménage, l'accessibilité de la voiture pour la zone d'habitation et le revenu du ménage.

L'accessibilité propre au mode de transport (mesure représentant la proximité des activités, comme les emplois et le logement, ainsi que la facilité et le coût de l'aller-retour) exercent aussi beaucoup d'influence sur l'utilisation de la voiture particulière. C'est en rapprochant les activités physiques et en majorant les coûts du stationnement qu'il est possible de réduire appréciablement le KTV quotidien des ménages. Si on augmente, par exemple, le coût du stationnement de 50 cents, le KTV peut baisser de 3,4 %. De plus, quand on réduit de 10 % le trajet à pied en rapprochant les activités, le KTV enregistre une baisse de 3,3 %. Lorsque l'accessibilité par la voiture augmente (il est plus facile et moins coûteux de prendre la voiture), tant de la maison que du travail, les ménages ont tendance à s'acheter plus de voitures et à s'en servir davantage, dans l'ensemble. Par contre, lorsque l'accessibilité à pied de la maison augmente, les ménages ont tendance à avoir moins de voitures et à s'en servir moins de façon générale.

Les influences des mesures d'accessibilité sur l'utilisation de la voiture sont beaucoup plus grandes que l'influence de la densité à elle seule. Les variables de densité de population et d'emploi

peuvent donner l'impression d'avoir une forte influence dans les équations de régression sur l'utilisation de la voiture lorsque d'autre variables, telles que le revenu du ménage, qui ont une corrélation avec la densité, sont exclues. Or, l'influence apparente de la densité disparaît presque lorsque d'autres variables connexes, plus précisément l'accessibilité propre au moyen de transport, est prise en considération dans les équations. Ceci indique donc qu'il convient davantage d'utiliser l'accessibilité propre au mode de transport, parce qu'elle tient compte de l'interaction complexe entre plusieurs différents facteurs, y compris la proximité des activités. Même si la densité est un facteur au niveau de la proximité des activités, elle devrait être considérée en même temps que les différentes utilisations de terrains et d'autres facteurs d'accessibilité.

Les habitudes de déplacement des ménages sont très variables. Et, pour la plupart, les variations ne s'expliquent pas par un ensemble de facteurs examinés explicitement dans cette étude. Les valeurs R^2_{adj} pour les diverses exécutions n'ont pas excédé 0,33.

Le tracé du réseau routier a une influence mineure sur l'utilisation de la voiture. Des tracés rectangulaires et réguliers sont généralement associés à une utilisation légèrement moins élevée que les tracés curvilignes. L'accès au transport en commun a aussi un effet mineur. Lorsque l'accessibilité du transport en commun près de la maison s'améliore, les ménages ont tendance à posséder un peu moins de voitures et à se servir quelque peu moins de la voiture en général. Il va donc de soi que les ménages situés dans les zones sans services de transport en commun s'achètent plus de voitures et s'en servent plus dans l'ensemble.

En plus du KTV quotidien des ménages, divers autres aspects des déplacements ont été examinés, dont le nombre de sorties, de déplacements par sortie, la distance de chaque déplacement et la proportion de déplacements par voiture, obligatoires et facultatifs. Les effets de ces facteurs sur ces différents aspects se sont parfois révélés très divergents par rapport à leur influence sur les KTV quotidiens des ménages. Ceci montre que différentes indications sont possibles, tout dépendant des variables indicatrices examinées. On peut ainsi expliquer certaines constatations apparemment contradictoires dans d'autres études qui portaient sur différents sous-groupes de la gamme de variables indicatrices.

Ramifications politiques des constatations

Bien que cette étude montre que l'utilisation de la voiture est largement influencée par des facteurs indépendants de la volonté des urbanistes et ingénieurs, elle montre aussi que les mesures prises en urbanisme pour accroître l'accessibilité des sentiers pédestres, des autobus et des pistes cyclables, et diminuer l'accessibilité par voiture, peuvent réduire considérablement l'utilisation de la voiture. Les effets cumulatifs de ces mesures seront plus grands que les effets individuels. En voici des exemples :

- réduire le temps de marche en rapprochant les activités les unes des autres, ce qui serait réalisable par la densification et les aménagements à utilisations mixtes;
- augmenter les coûts de stationnement;
- aménager des itinéraires de marche et de cyclisme plus directs;
- veiller à ce que les chaussées soient plus agréables pour le piéton, c'est-à-dire de jolis aménagements paysagers, des abribus, des rues faciles à traverser et des espaces à l'échelle du piéton (p. ex. des immeubles près de la rue et de petits terrains de stationnement);
- introduire des mesures pour ralentir les voitures, comme l'atténuation de la circulation dans les rues existantes et la conception de chaussées plus étroites dans les nouveaux quartiers;
- favoriser des tracés de rues rectilignes et réguliers au lieu de tracés curvilignes;
- réduire les tarifs d'autobus et
- donner la priorité aux autobus pour raccourcir les trajets.

TABLE DES MATIÈRES

1. **HISTORIQUE** 1

2. **STRUCTURE DU RAPPORT** 2

3. **DÉPOUILLEMENT DES OUVRAGES**
   - Résultats du dépouillement .....
   - Conclusions du dépouillement 6

4. **MÉTHODOLOGIE**
   - Approche globale de l'analyse 7
   - Sources de données 7
   - Variables indicatives 7
   - Variables explicatives 8
   - Méthode d'estimation 11
   - Élaboration d'indications à partir des résultats d'estimations 11
   - Indications de l'analyse de sensibilité 13

5. **CONSTATATIONS**
   - Résultats concernant la qualité d'ajustement 14
   - Résultats estimatifs de la fréquence d'utilisation de la voiture (KTV) 14
   - Indications des estimations de paramètres significatifs pour le KTV 17
   - Indications des estimations de paramètres sans signification pour le KTV 19
   - Autres éléments relatifs aux estimations pour le KTV 19
   - Résultats des estimations sur l'appartenance d'une voiture particulière (HAUTO) 21
   - Résultats estimatifs pour d'autres variables indicatives 21
   - Résultats de l'analyse de sensibilité 24
   - Sommaire des indications de ces résultats 26

6. **COMPARAISON AVEC D'AUTRES ÉTUDES** 29

7. **RAMIFICATIONS POLITIQUES** 30

8. **CONCLUSIONS**
   - Sommaire des principales constatations 32
   - Sommaire des ramifications politiques des constatations 34
   - Contraintes possibles 35
   - Orientation à donner aux travaux futurs 36

9. **BIBLIOGRAPHIE** 37

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Variables explicatives incluses dans les exécutions d'estimations....12

Tableau 2 : Élasticité médiane des estimations de paramètre significatives et indices R^2_{adj} pour les exécutions d'estimations....15

Tableau 3 : Résultats de la qualité d'ajustement pour certains groupes de variables explicatives....16

Tableau 4 : Résultats des variables explicatives significatives pour le KTV....17

Tableau 5 : Résultats des variables explicatives sans signification pour le KTV....17

Tableau 6 : Résultats des variables explicatives significatives pour HAUTO....20

Tableau 7 : Résultats des variables explicatives sans signification pour HAUTO....21

Tableau 8 : Sommaire des résultats pour toutes les composantes des déplacements des ménages....22

Tableau 9 : Sommaire des résultats de l'analyse de sensibilité indiquant les changements dans l'utilisation totale de la voiture après une modification de 10 % dans les diverses variables de composantes d'accessibilité....24

Tableau 10 : Comparaison des résultats d'élasticité pour l'utilisation de la voiture par les ménages et pour les principales variables explicatives....29

LISTE DE FIGURES

Figure 1 Accessibilité des lieux de travail 10
Figure 2 Accessibilité des bassins de possibilités pour le magasinage 10

1 HISTORIQUE

Les Canadiens sont très mobiles grâce à leurs voitures particulières, mais il y a un prix à payer pour cette mobilité. En effet, l'automobile est l'une des principales sources de pollution, qui nuit à la santé humaine et à l'environnement. Malgré les progrès technologiques et les carburants meilleur marché, les émissions nocives sont à la hausse parce que, au Canada, il y a augmentation du taux d'acquisition et de la taille moyenne des véhicules, tout comme des distances parcourues (NRTEE, 1997). Les effets délétères de la voiture sont :

- Émissions de gaz à effet de serre : L'automobile produit beaucoup de CO_2 et d'autres gaz à effet de serre.

- Effets sur la santé de la pollution atmosphérique au niveau du sol : Les voitures sont une source importante de smog causé par des polluants tels que l'ozone au niveau du sol et les particules aéroportées. La détérioration de la qualité de l'air provoque quelque 1 800 morts prématurées par an en Ontario (McPhail et coll., 1998).

- Embouteillages : Les bouchons de circulation sont une cause de stress, de perte de productivité et d'incommodité.

- Coûts d'infrastructure croissants : Les gouvernements disposent de moins de ressources financières pour entretenir et élargir le réseau routier. Si les tendances actuelles se poursuivent, ces coûts pourraient devenir prohibitifs.

- Perte de terrains : Les infrastructures de transport empiètent sur l'habitat de la faune, les loisirs de plein air, l'agriculture et d'autres utilisations.

- Pollution de l'eau : Le ruissellement des eaux pluviales pollue les cours d'eau.

Pour résoudre le problème des émissions de voitures, nous avons jusqu'à maintenant mis l'accent sur l'amélioration de la technologie automobile et les normes relatives aux carburants. Or, nous sommes de plus en plus nombreux à croire qu'il faudrait plutôt s'attaquer au besoin fondamental de se déplacer en voiture et que des aménagements urbains conçus en conséquence seraient la solution, c'est-à-dire favoriser des aménagements compacts à utilisations mixtes et des réseaux de transport qui invitent à d'autres modes tels que la marche à pied, le cyclisme et le transport en commun. C'est toutefois une question controversée, car certains groupes estiment que le lien entre les tendances d'aménagement et l'utilisation de la voiture n'est pas encore établi, et que les changements proposés pourraient se solder par un échec.

Pour formuler des recommandations de principe efficaces, il importe d'avoir une connaissance approfondie de la manière dont les utilisations de terrains influencent l'utilisation de la voiture et, par conséquent, leur apport en émissions de gaz à effet de serre et d'autres produits délétères. À cet égard, la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), en collaboration avec Environnement Canada et Santé Canada, a commandé une étude à Hunt Analytics Incorporated pour examiner les facteurs qui influencent l'utilisation de la voiture dans le contexte canadien, au moyen des données disponibles provenant de la région d'Edmonton.

Les objectifs de l'étude étaient :

- de quantifier la nature et l'importance de l'influence de différents aspects des aménagements urbains sur l'utilisation de la voiture par les ménages d'Edmonton et
- de tirer des conclusions et formuler des recommandations sur les mesures que pourraient prendre les villes canadiennes en général.

2 STRUCTURE DU RAPPORT

Ce rapport décrit l'étude et traite des résultats en ce qui concerne la nature de l'utilisation de la voiture par les ménages et les ramifications des principes directeurs visant à décourager l'utilisation de la voiture en général.

Le chapitre 3, bref dépouillement des ouvrages pertinents, permet de comprendre les enjeux actuels et la situation au Canada.

Le chapitre 4 décrit la méthodologie de l'étude, montre comment l'analyse est basée sur une approche empirique et une régression à variables multiples, les sources d'observation des déplacements des ménages qui ont été utilisées, les variables indicatives et explicatives qui ont été prises en considération, l'estimation statistique utilisée et l'élaboration d'indices à partir des résultats d'estimation.

Le chapitre 5 présente certains des résultats d'estimations et les constatations y afférentes, particulièrement en ce qui a trait à l'acceptabilité générale, les effets de la fréquence d'utilisation de la voiture et l'appartenance de voitures par les ménages, y compris les effets de différents éléments précis sur l'aménagement urbain et la nature des déplacements des ménages en général.

Le chapitre 6 compare les résultats de cette étude avec ceux d'une étude similaire; les similitudes entre les résultats sont venus confirmer les résultats obtenus ici. Le chapitre 7 porte sur certaines des ramifications politiques des résultats. Au chapitre 8 on trouvera les conclusions, un énoncé des contraintes éventuelles du travail qui a été fait et les implications correspondantes concernant les résultats, et une discussion sur l'orientation que devrait prendre une étude future.

3 DÉPOUILLEMENT DES OUVRAGES

Cette section met en évidence les principales constatations résultant du dépouillement des ouvrages et les conclusions à tirer de cette étude.

Constatations après dépouillement de la documentation

On débat toujours la nature et l'importance de l'influence des aménagements urbains sur l'utilisation de la voiture.

La majorité des auteurs s'accordent à dire que l'urbanisme peut influer sur l'utilisation de la voiture par la diminution des distances à parcourir et l'incitation à d'autres modes de transport. L'enjeu n'est pas d'établir si la forme urbaine influence l'utilisation de la voiture particulière, mais si l'influence est assez forte pour contribuer de manière appréciable aux efforts fournis pour assainir l'air et procurer les avantages sociaux et environnementaux d'une utilisation réduite. La nature et l'importance de l'influence de l'utilisation de la voiture font toujours l'objet d'une polémique. Bien que les ouvrages dans ce domaine se multiplient rapidement, il y a très peu de recherches empiriques approfondies qui nous éclaireraient une fois pour toutes sur l'importance relative de cette influence.

On ne s'est pas beaucoup servi d'analyses de régression à variables multiples pour déterminer l'importance relative de cette influence.

L'une des études les plus fréquemment citées, qui fait le lien entre l'urbanisme et l'utilisation de la voiture, a été réalisée par Newman et Kenworthy (1989a, 1989b). Elle comparait la consommation d'essence par tête dans 32 villes du monde entier. Les villes les plus voraces d'essence, telles que Houston et Phoenix, sont aussi celles qui ont les populations les moins denses, tandis que celles qui les plus avares d'essence, comme Hong Kong et Tokyo, sont les plus denses. Les auteurs ont conclu que le prix de l'essence, le revenu et l'efficacité du véhicule intervenaient pour 40 % de la variation, et que la densité de la population représente le plus gros de ce qui reste. Ils ont conclu que la densité était la variable explicative prédominante. Cervero (1989), Holtzclaw (1990) et Dunphy et Fisher (1994) ont aussi établi une forte corrélation entre la densité et l'utilisation de la voiture. Les critiques de l'approche de Newman et Kenworthy, tels que Gomez-Ibanez (1991), Giuliano et Small (1992), Brindle (1994) et Schimek (1996) ont indiqué que leur modèle statistique ne tenait pas compte de la corrélation entre la densité et d'autres variables, comme le revenu des ménages, ce qui leur aurait sérieusement fait sous-estimer l'influence d'autres variables et surestimer l'influence de la densité.

L'approche de Newman et Kenworthy était basée sur des comparaisons entre une seule variable explicative et une seule variable indicative à la fois. Elle ne permet pas de déterminer l'importance relative de l'influence de ces variables comparativement à d'autres. De plus, si la variable explicative est mise en corrélation avec d'autres variables qui n'ont pas été considérées, l'importance de l'influence des variables étudiées semble être plus grande qu'elle ne l'est vraiment. Plus précisément, comme l'ont fait remarquer les critiques de cette approche, lorsque la densité est examinée en vase clos, sa corrélation avec le revenu du ménage et les ménages plus petits n'est pas prise en considération, ce qui entraîne une surestimation de son caractère explicatif.

L'analyse de régression à variables multiples permet de comparer l'importance relative des variables explicatives et atténue les problèmes de colinéarité de variables non examinées. Selon cette méthode, une variable indicative est régressée en regard d'ensembles de n'importe quel nombre de variables explicatives. Les théories relatives à l'influence des variables ou groupes de variables peuvent être éprouvées au moyen de différentes combinaisons de variables explicatives. Des exemples d'études de

l'influence des aménagements urbains sur l'utilisation de la voiture, basées sur une régression multiple, sont :

- Cervero et Gorham (1995) a effectué des contrôles de variations dans le revenu, le transport en commun et la distance du quartier central des affaires par rapport aux caractéristiques de l'aller-retour au travail d'un quartier ancien, compact et à utilisations mixtes et d'un vaste quartier plus récent, dispersé et axé sur la voiture, à San Francisco et à Los Angeles. Les gens habitant le quartier plus ancien choisissent plus souvent l'autobus, la marche à pied et la bicyclette pour se rendre au travail.

- Ewing (1995) s'est penché sur les caractéristiques de tous les déplacements de 548 ménages en Floride. Les variables indépendantes comprennent la taille du ménage, le revenu, le type d'habitation, l'appartenance d'une voiture, la densité résidentielle et des emplois, l'équilibre emplois/logements et les mesures de proximité. Bien que la densité des zones et la proportion emplois/logements aient affiché à elles seules une relation appréciablement inverse à l'utilisation de la voiture, lorsque l'influence des variables démographiques était contrôlée, l'influence de la densité faiblissait et perdait de l'importance relativement à l'influence de la proximité des activités au niveau régional.

- Frank (1994) a examiné l'incidence des utilisations mixtes et de la densité (population et emploi) sur l'utilisation de la voiture, du transport en commun et de la marche à pied à Puget Sound. Dans la plupart des cas, l'utilisation de la voiture n'avait pas de lien avec la densité ou les utilisations de terrains.

- Giuliano et Small (1993) ont conclu que la proportion d'emplois et de logements n'avaient pas beaucoup d'influence sur la durée du navettage à Los Angeles.

- Kitamura et coll. (1994) ont analysé l'utilisation des terrains et les habitudes de déplacement de cinq quartiers de San Francisco. Même si les variables démographiques et de quartiers ont jeté beaucoup de lumière sur leurs questions, ce sont les variables relatives aux attitudes qui ont expliqué la fraction la plus importante des données.

- Patterson et coll. (1993) ont mené l'une des rares études de régression multiple avec des données canadiennes. Ils ont examiné l'achalandage annuel du transport en commun, par tête, de 12 villes du Canada. Les variables explicatives les plus significatives étaient les heures de service par tête et la densité du secteur urbain; une corrélation positive s'est dégagée entre l'utilisation du transport en commun et la densité.

- Schimek (1996) a étudié l'effet de la densité sur l'appartenance et l'utilisation d'une voiture dans un sondage national aux États-Unis, qui explique une corrélation entre la densité et le revenu. Les facteurs déterminants les plus importants de l'appartenance étaient le revenu du ménage, sa taille et le nombre de travailleurs. La densité de la population avait seulement une légère incidence sur l'appartenance d'une voiture, une fois ces autres facteurs contrôlés. Chaque pourcentage d'augmentation dans le revenu des ménages amenait une augmentation de 0,32 pour cent dans le kilométrage parcouru (KTV), alors que chaque pourcentage d'augmentation de la densité de la population faisait baisser de 0,07 pour cent le KTV.

Il n'y a pas suffisamment d'études empiriques dans le contexte canadien.

Les recherches empiriques indiquant l'importance relative de ces influences dans le contexte canadien sont rarissimes. Il existe des enquêtes sur les déplacements pour la plupart des grands secteurs métropolitains de recensement (SMR) du Canada et certaines analyses des incidences de l'urbanisme et de l'emplacement sur l'utilisation de la voiture, à savoir pour la région métropolitaine de Toronto (Gilbert, 1995; IBI et Stephen McLaughlin Consultants, 1990), la Municipalité régionale

d'Ottawa-Carleton (IBI, 1993) et des comparaisons entre villes canadiennes (Angus Reid Group, 1991; TAC, 1996). Ces conclusions montrent entre autres que les ménages vivant dans les quartiers denses du centre-ville se servent moins de leur voiture. À Ottawa-Carleton, l'utilisation s'est révélée influencée par la densité résidentielle, la densité des emplois, la disponibilité d'une voiture particulière, le niveau de service de transport en commun et le revenu des ménages.

La question a suscité beaucoup d'intérêt et toute une panoplie d'influences apparentes. Le dépouillement des ouvrages a permis de découvrir une foule d'informations concernant l'influence des aménagements urbains sur les déplacements, mais la plupart ne donnent pas d'indication définitive quant au degré d'influence. La quantité de documents montre tout l'intérêt manifesté pour la question et les débats qu'elle a suscités. Il y a eu plusieurs dépouillements publiés sur le sujet, notamment Berman (1996), Giuliano (1989), Handy (1992b), PBQD (1996), Steiner (1994), Banister (1992) et Anderson et coll. (1996).

Dans les études empiriques, le nombre de variables est vaste également, à savoir :

- catégories de déplacement (obligatoires seulement, facultatifs seulement, tous);
- niveau d'agrégation des données (une personne, ménage individuel, zone d'analyse du quartier/transport, villes/régions urbaines);
- variables indicatives (nombre de déplacements, kilométrage parcouru, consommation d'essence ou d'énergie, répartition modale, temps passé dans la collectivité) et
- variables explicatives, dont les caractéristiques socio-économiques (i.e. revenu des ménages, nombre de résidents, âge, appartenance d'une voiture), composition du quartier (i.e. densité de la population, densité des emplois, rapport emplois-logements, présence de magasins, tracés des rues, niveau de service de transport en commun, longueur des rues par aire d'unité, stationnement, trottoirs) et la composition de la ville (i.e. distance jusqu'au centre commercial le plus proche, taille du quartier central des affaires, densité brute des emplois). Certaines études mêlent les variables explicatives sur les conditions socio-économiques et les aménagements urbains pour déterminer les explications relatives, comme Kitamura et coll. (1994), Frank (1994), Frank et Pivo (1994), Handy (1993), Hunt (1995) et Schimek (1996).

Les ouvrages révèlent aussi qu'on s'intéresse à savoir comment certaines tendances d'aménagement peuvent réduire l'utilisation de la voiture. En ce qui concerne les collectivités néo-traditionnelles, Crane (1996a, 1996b) et Berman (1996) ont observé que les preuves empiriques à l'appui des supposés avantages pour le transport du nouveau principe d'urbanisme sont minces. Il n'y a pas encore d'études sur les aménagements néo-traditionnels parce qu'aucuns ne sont encore entièrement construits. Le lien entre l'utilisation de la voiture et la présence de magasins et d'emplois à l'intérieur des quartiers demeure hypothétique.

Les mesures d'accessibilité sont rarement prises en considération. L'accessibilité d'un emplacement est une mesure numérique de sa proximité des activités. Les mesures d'accessibilité ont revêtu différentes formes et tiennent compte du nombre d'activités et de la facilité avec laquelle on peut s'y rendre, c'est-à-dire ce qu'il en coûte en temps et en argent pour chaque segment. Ainsi, ces mesures comprennent une représentation de la distribution spatiale et des courbes d'activité, les densités associées à ces activités et la qualité du service de transport. Ceci vise à donner une indication de la manière dont les humains perçoivent l'espace et la distribution des activités, donc de leur besoin de se déplacer, ce dont on se sert beaucoup dans les analyses et les modèles de demande urbaine au chapitre des déplacements.

Comme il est dit plus haut, les liens entre le déplacement et l'aménagement urbain, le réseau de transport et les facteurs démographiques sont complexes, et la différence entre la cause et l'effet n'est pas évidente. La corrélation a été faite entre une forte densité résidentielle et des valeurs faibles

de revenu et de tailles de ménage, de même que des valeurs élevées pour le service de transport en commun et la plus grande accessibilité des destinations. Très peu d'études font une distinction entre ces facteurs complexes pour déterminer l'influence sur l'utilisation de la voiture. Les mesures d'accessibilité n'ont été examinées qu'à quelques reprises, ce qui est un peu surprenant vu leur applicabilité évidente. Ce qui est encore plus étonnant, c'est qu'aucune étude n'ait pris en considération l'accessibilité des modes de transport, qui indiquent la facilité de déplacement pour des modes particuliers, comme la voiture ou l'autobus, au lieu de tous les modes réunis.

Handy (1992a, 1992c, 1995, 1996) a étudié l'influence de l'aménagement urbain et des déplacements facultatifs, surtout les courses au magasin, en confrontant deux quartiers compacts et anciens à utilisations mixtes et deux autres quartiers dispersés, en banlieue de San Francisco. L'accessibilité à l'intérieur du quartier et de la région a été prise en considération. Les conclusions ont indiqué qu'une plus grande accessibilité, c'est-à-dire de plus courtes distances pour se rendre à destination, et des facteurs qualitatifs, ont amené les gens à s'y rendre à pied plus souvent. L'accessibilité de la zone résidentielle s'est révélée avoir une incidence sur le kilométrage parcouru pour faire des courses plutôt que le nombre de déplacements.

Conclusions du dépouillement

Voici quelques observations sur les facteurs déterminants de l'utilisation de la voiture.

- Le revenu et l'âge influencent les habitudes de déplacement. L'appartenance d'une voiture joue également.

- Il y a une corrélation entre la densité de la population et des emplois avec une utilisation moins fréquente de la voiture. Par contre, toutes les autres influences complexes qui devraient être prises en considération sont complexes, si bien qu'il est difficile de savoir si elles se substituent à d'autres influences, comme le revenu des ménages. Les études réalisées avec des analyses de régression multiple et une vaste gamme de variables explicatives ont atténué ces problèmes de colinéarité, dont les résultats indiquent que la densité a moins d'influence que dans d'autres études.

- La composition des utilisations de terrains, bien qu'elle ne soit pas souvent prise en considération, s'est révélée avoir une certaine influence sur les habitudes de déplacement.

- Une meilleure accessibilité à pied, c'est-à-dire de plus courtes distances pour arriver à destination et des facteurs qualitatifs, est liée à un plus grand nombre de déplacements pédestres.

- Un meilleur service d'autobus amène une plus grande clientèle.

Ce dépouillement montre aussi que d'autres recherches devraient :

- être basées sur des données canadiennes;
- être empiriques, soit basées sur les habitudes de déplacement observées;
- tenir compte d'une vaste gamme de mesures couvrant de manière plus exhaustive les facteurs complexes du comportement, y compris les mesures d'accessibilité propres au mode de transport et qui représentent la distribution spatiale des activités (utilisations des sols et densité), de même que les coûts de stationnement, les tarifs d'autobus, les débits de circulation automobile et ainsi de suite, du point de vue de la personne qui se déplace et
- employer une régression à variables multiples pour supprimer la colinéarité entre les variables explicatives.

C'est pourquoi les recherches faisant l'objet du présent rapport ont satisfait ces critères.

4 MÉTHODOLOGIE

Approche globale de l'analyse

L'approche de base consiste à estimer un système d'équations de régression concernant l'influence de divers facteurs sur les habitudes de déplacement des ménages. Les variables (indicatives) dépendantes utilisées dans cette étude sont dérivées des données recueillies à Edmonton (Alberta) sur les habitudes de déplacements des ménages, comme le trajet moyen et la proportion du déplacement effectué en voiture. La variable dépendante clé est le nombre total de kilomètres parcourus en voiture particulière (KTV) par un ménage sur une période de 24 heures.

Les variables explicatives utilisées dans l'analyse de régression comprennent différentes représentations de l'aménagement urbain et des caractéristiques socio-économiques (démographiques) des ménages. Les estimations qui en résultent et les statistiques y afférentes donnent une indication de l'influence de certaines variables explicatives précises et de groupes de variables explicatives sur l'utilisation de la voiture. Une analyse de sensibilité a été effectuée sur une série de variables bien précises pour mieux définir l'influence de certains facteurs.

Sources de données

Les observations des habitudes de déplacement des ménages sont tirées d'une enquête menée par la Ville d'Edmonton, où plus de 6 000 ménages à différents endroits dans le CMA d'Edmonton ont répondu à des questions sur leurs habitudes de déplacement au cours d'une période de 24 heures un jour de semaine choisi au hasard, à l'automne de 1994. L'enquête a fait appel à environ 12 100 personnes et 62 500 déplacements. Chaque observation porte sur un ménage individuel.

La Ville d'Edmonton a commandé cette enquête aux fins de l'élaboration d'un modèle informatique des habitudes de déplacement dans la région d'Edmonton; elle s'intitulait Edmonton Transport Analysis (ETA) Model (Hunt et coll., 1998). L'ETA est censée représenter tous les déplacements-personne dans le CMA d'Edmonton au cours des 24 heures d'une journée normale en semaine. Tout le CMA d'Edmonton est divisé en 486 unités géographiques appelées zones ETA. Dans ces zones se trouvent les activités résidentielles et professionnelles, donc l'origine et la destination des déplacements. Des réseaux de noeuds et de liens illustrent les réseaux de transport d'Edmonton, soit le réseau routier, le service d'autobus, les trottoirs et les pistes cyclables. Des volumes de circulation sont chargés sur ces réseaux et les débits interrompus qui en résultent servent à déterminer les délais et coûts de déplacement entre les zones.

L'information sur les aspects pertinents de l'aménagement urbain est obtenue au moyen du modèle ETA et de diverses autres descriptions des conditions d'Edmonton. Les délais et coûts de déplacement utilisés dans l'analyse sont ceux qui ont servi dans le modèle ETA pour la simulation calibrée des conditions au moment de l'enquête. En outre, le nombre total d'emplois, d'habitants et de logements, et les densités utilisées dans l'analyse, ont été calculés en se basant sur les valeurs correspondantes pour les zones ETA. Ces valeurs ont elles-mêmes été établies à partir de différentes bases de données d'Edmonton et d'estimations de Statistique Canada (Ville d'Edmonton, 1997a).

Variables indicatives

La série d'équations pour la variable du kilométrage parcouru (KTV) se présente généralement comme suit :

KTV = AUKMC + AUKMD
= TOURC * CATTC * CADTC * CPDAC
+ TOURD * CATTD * CADTD * CPDAD

où :

AUKMC = distance totale parcourue par toutes les voitures, par tous les membres du ménage, pour une sortie *obligatoire*, en kilomètres;

AUKMD = distance totale parcourue par toutes les voitures, par tous les membres du ménage, pour une sortie *facultative*, en kilomètres;

TOURC = nombre de sorties *obligatoires* de tous les membres du ménage, abstraction faite du mode de transport;

TOURD = nombre de sorties *facultatives* de tous les membres du ménage, abstraction faite du mode de transport;

CATTC = nombre moyen de trajets par sortie *obligatoire*, par tous les membres du ménage ensemble, pour tous les modes de transport;

CATTD = nombre moyen de trajets par sortie *facultative*, par tous les membres du ménage ensemble, pour tous les modes de transport;

CADTC = distance moyenne parcourue par trajet pour tous les membres du ménage et les sorties *obligatoires*, pour tous les modes de transport;

CADTD = distance moyenne parcourue par trajet pour tous les membres du ménage et les sorties *facultatives*, pour tous les modes de transport;

CPDAC = proportion de la distance totale parcourue en voiture par tous les membres du ménage, pour les sorties *obligatoires*;

CPDAD = proportion de la distance totale parcourue en voiture par tous les membres du ménage, pour les sorties *facultatives*.

Le KTV et les 10 variables comprises dans les valeurs qui déterminent les fonctions pour le KTV sont les variables indicatives. Une équation de régression distincte est étudiée pour chacune des variables indicatives en se basant sur les mêmes séries, ou des séries semblables, de variables explicatives, afin de pouvoir évaluer les variables séparément.

Le nombre de voitures particulières appartenant au ménage, représenté par la variable HAUTO, est une variable aussi bien indicative qu'explicative dans le système d'équations.

Variables explicatives

Les variables explicatives comprises dans les observations sur les habitudes de déplacement tombent dans trois catégories de base :

- indications de l'aménagement urbain;
- indications de la taille et de la situation socio-économique des ménages;
- indications des habitudes de déplacement des ménages et des conditions connexes, y compris certaines des variables énumérées précédemment (le nombre de sorties obligatoires faites par un ménage a une incidence sur le nombre de sorties facultatives, par exemple).

Les variables relatives à l'aménagement urbain peuvent être regroupées comme suit :

- mesure de la densité résidentielle;
- mesure de la densité des activités;
- accessibilité des bassins de possibilités;
- tracé des rues du quartier.

Mesure de la densité résidentielle

Les variables de ce groupe portent sur la densité spatiale des logements de l'ETA dans les environs de l'habitation. Les variables précises qui sont comprises se définissent ainsi :

DWPHA = unités de logement par hectare brut à bâtir dans la zone ETA où se trouve l'habitation et

PDUHA = nombre total d'unités de logement potentielles par hectare brut à bâtir dans la zone ETA où se trouve l'habitation.

Variables de la densité des activités

Les variables de ce groupe représentent la densité spatiale des activités résidentielles ou des emplois dans l'ETA de l'habitation. Les variables précises qui sont comprises se définissent ainsi :

POPHA = nombre de personnes par hectare brut à bâtir dans la zone ETA où se trouve l'habitation;
HHPHA = nombre de ménages par hectare brut à bâtir dans la zone ETA où se trouve l'habitation;
EMPHA = nombre d'emplois par hectare brut à bâtir dans la zone ETA où se trouve l'habitation;
PHHHA = nombre total potentiel de personnes par hectare brut à bâtir dans la zone ETA où se trouve l'habitation.[1]

On a jugé que la densité de la population plutôt que la densité des unités de logement illustrait mieux la «proximité comparative» des personnes et des possibilités, et les contraintes associées au déplacement. Par conséquent, les valeurs de densité des unités de logement et de la population ont toutes les deux été incluses dans l'étude, quoique la densité de la population ait été utilisée davantage dans les estimations.

Signalons aussi que beaucoup de nouvelles banlieues à Edmonton ont une densité relativement élevée, soit 3 500 à 4 500 personnes par kilomètre carré, ce qui équivaut à environ 10 à 15 unités résidentielles par hectare. Ces densités sont aussi fortes que de nombreux vieux quartiers au coeur de la ville, et considérablement plus élevées que la moyenne des banlieues aux États-Unis et au Canada (Raad et Kenworthy, 1998). Ainsi, les corrélations entre la densité de la population et d'autres aspects de l'aménagement urbain, qui ont tendance à varier de façon systématique plus la distance augmente du centre-ville, ne sont pas aussi fortes qu'elles pourraient l'être dans la présente étude; l'estimation pourrait donc faire une meilleure distinction entre les différentes influences qui interviennent.

Accessibilité du modèle des habitudes
Les variables de ce groupe portent sur la distribution spatiale et l'ampleur des activités, de même que la facilité de déplacement entre ces activités, offerte par les réseaux de transport qui les relient. L'accessibilité d'un emplacement augmente proportionnellement au nombre d'activités à proximité, de même qu'à la commodité des déplacements (facilité, durée, coût, attrait) jusqu'à ces activités. Observez la figure 2, où l'emplacement X est plus accessible aux emplois que l'emplacement Y.

Par commodité de déplacement automobile on entend la durée du trajet en voiture, les frais de stationnement, les frais de fonctionnement et les possibilités de covoiturage. La commodité du déplacement en autobus comprend la durée du trajet en autobus, la distance parcourue à pied, la fréquence du service, le nombre de correspondances et le tarif. Les fonctions de commodité pour la marche à pied et le cyclisme incluent la distance et les installations disponibles. Les valeurs d'accessibilité ont été examinées tant du domicile que du travail.

Voici les définitions de ce groupe de variables explicatives :

AACHZ = accessibilité *en voiture* de la zone ETA où se trouve le domicile;
TACHZ = accessibilité *par autobus* de la zone ETA où se trouve le domicile;
WACHZ = accessibilité *à pied* de la zone ETA où se trouve le domicile;
BACHZ = accessibilité *à bicyclette* de la zone ETA où se trouve le domicile.[2]

Les variables de ces modes sont également comprises pour le «lieu de travail du chef de ménage désigné» et les «lieux de travail de tous les membres du ménage qui ont un emploi». Les variables pour la «disponibilité du service d'autobus dans la zone ETA où se trouve le domicile» et la «disponibilité du service d'autobus dans la zone ETA où se trouvent les lieux de travail des membres du ménage» ont aussi été prises en considération.

Accessibilité de bassins de possibilités
Ce groupe de variables a trait à la distribution spatiale, à l'ampleur des activités et à la facilité de déplacement entre ces activités, à peu près comme pour le groupe précédent. Par contre, ici, le nombre d'activités est calculé à l'intérieur de certaines plages horaires pour différents modes. L'accessibilité des magasins à pied, par exemple, est établie en fonction de trois critères : toutes les

Figure 1 :
Accessibilité des lieux de travail

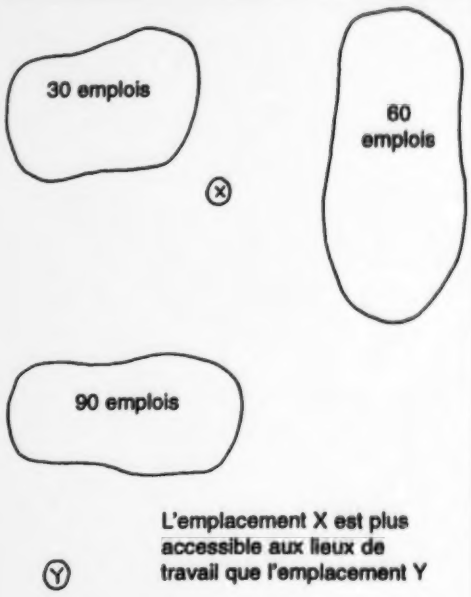
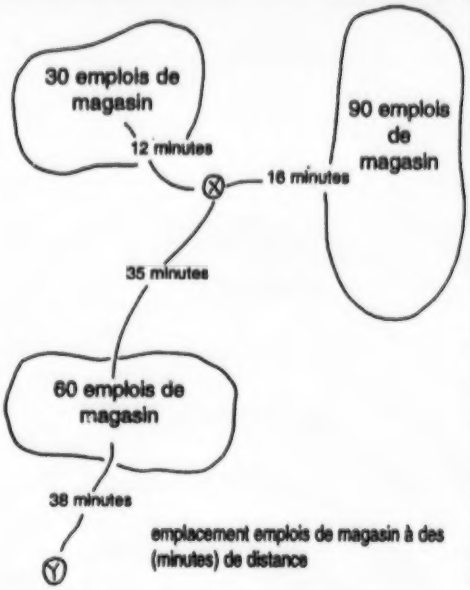


Figure 2 :
Accessibilité des bassins de possibilités pour le magasinage



courses qu'il est possible de faire dans un rayon à une distance de 15 minutes, de 30 minutes et de 45 minutes. À la figure 2, l'emplacement X est plus accessible à pied que l'emplacement Y.

Ces variables d'accessibilité sont spécifiques au mode, comme celles du groupe précédent, en ce sens qu'elles représentent séparément les incidences des différentes densités de service de transport en commun et des différents niveaux de services physiques pour les marcheurs et cyclistes. Elles ne sont toutefois pas basées sur un modèle jaugé, qui les distinguerait de celles du groupe précédent. Ceci peut être vu sous un angle positif et un angle négatif : les variables ne s'appuient pas aussi solidement sur les habitudes, mais on ne compte nullement sur d'autres paramètres estimatifs déjà déterminés, de sorte que les indications dans les observations se dégagent plus directement.

Tracé des rues du quartier
Les variables de ce groupe portent sur l'agencement des chaussées et la hiérarchie routière connexe dans l'ETA autour du domicile. Les variables précises sont celles de la zone ETA où se trouve le domicile, à savoir «grille rectangulaire seulement», «grille rectangulaire en majeure partie avec quelques interruptions diagonales», «grille rectangulaire et tracés curvilignes», «tracé curviligne régulier» ou «tracé curviligne aléatoire».

Taille du ménage et situation socio-économique
Les variables de cette catégorie sont :

HSIZE = nombre de personnes dans le ménage;
HEMPF = nombre d'employés à temps plein dans le ménage;
HEMPP = nombre d'employés à temps partiel dans le ménage;
HUEMP = nombre de chômeurs dans le ménage;
HRETD = nombre de retraités dans le ménage;
HHMKR = nombre de personnes au foyer dans le ménage;
HPRES = nombre d'enfants d'âge préscolaire dans le ménage;
HELMS = nombre d'enfants à la maternelle dans le ménage;

HJHSS = nombre d'étudiants au premier cycle secondaire dans le ménage;
HSHSS = nombre d'étudiants au deuxième cycle secondaire dans le ménage;
HNGSC = nombre d'étudiants au primaire dans le ménage;
HHPSE = nombre d'étudiants au post-secondaire dans le ménage;
HWATH = nombre d'employés à domicile dans le ménage;
HAUTO = nombre de voitures particulières dans le ménage;
HINCM = revenu annuel total du ménage;
HDRVR = nombre de titulaires d'un permis de conduire dans le ménage;
AUAV = disponibilité de la voiture dans le ménage, c.-à-d. le rapport du nombre de voitures particulières dans le ménage et le nombre de titulaires de permis dans le ménage.

Habitudes de déplacement des ménages et conditions connexes

Certaines des variables indicatives énumérées ci-dessus peuvent aussi être des variables explicatives. Par exemple, avec l'augmentation du nombre de sorties obligatoires effectuées par le ménage (représenté par la variable indicative TOURC), on peut prévoir une diminution du nombre de sorties facultatives (représenté par la variable indicative TOURD), toutes proportions gardées. Ceci serait pris en considération ici par l'inclusion de TOURC comme variable explicative dans l'équation de régression pour TOURD. Dans l'ensemble, seulement TOURC et TOURD ont été incluses comme variables explicatives dans certaines équations de régression.

Méthode d'estimation

Une série de 18 différentes «exécutions» estimatives ont été effectuées au moyen du progiciel SHAZAM (White, 1997), chacune comportant tout le système d'équations. Dans chaque cas, les équations de régression ont été estimées séparément. Une combinaison différente de variables explicatives a été examinée dans chaque exécution; on trouvera au tableau 1 le sommaire des variables explicatives incluses dans chaque cas. L'objet dans toute la série d'exécutions estimatives était d'isoler et de comprendre les effets de certains éléments de l'aménagement urbain. À cette fin, diverses variables explicatives portant sur la densité, l'accessibilité et le tracé routier du quartier ont été examinées individuellement et avec d'autres variables dans la série d'exécutions.

Élaboration d'indications à partir des résultats d'estimations

Les résultats des diverses exécutions estimatives donnent une indication de l'influence de certains facteurs précis sur la fréquence d'utilisation de la voiture particulière. Plus particulièrement, les résultats d'estimations pour certains paramètres et l'incidence des groupes de variables explicatives sur la qualité d'ajustement de l'équation de régression sont le fondement des indications relatives à l'influence des facteurs connexes.

Durant la rédaction du chapitre 5, les estimations de certains paramètres ont été passés en revue au regard du signe et de la magnitude relative, et les cas où ils ne correspondaient pas aux prévisions ont été réexaminés. L'élasticité pertinente au point de valeur médiane des variables indicatives par rapport à certaines variables explicatives a aussi été réexaminée. La signification statistique des estimations pour les paramètres a été prise en considération à la lumière de l'écart-type et du coefficient t, où le coefficient t pour une estimation est la valeur de l'estimation par rapport à la valeur de l'écart-type de l'estimation. Un coefficient t supérieur à 1,5 de magnitude absolue était réputé indiquer que le paramètre n'aurait vraisemblablement pas une valeur réelle de 0. En pareil cas, l'estimation est désignée «significative».

Les incidences des groupes de variables explicatives sur la qualité d'ajustement globale des équations de régression ont été examinées au moyen de la statistique standard R^2_{adj}, qui baisse en valeur avec l'augmentation du nombre de variables explicatives dans l'équation de régression, ce qui favorise des modèles simples.

Tableau 1 :
Variables explicatives incluses dans les exécutions d'estimations

Variable Type	Variable Détail	Exec 1	Exec 2	Exec 3	Exec 4	Exec 5	Exec 6	Exec 7	Exec 8	Exec 9	Exec 10	Exec 11	Exec 12	Exec 13	Exec 14	Exec 15	Exec 16	Exec 17	Exec 18
MÉNAGE DÉMOGRAPHIE	Taille	•	•	•	•	•							•	•	•	•	•	•	•
	Type de personne	•	•	•	•	•							•	•	•	•	•	•	•
	Revenu	•	•	•	•	•							•	•	•	•	•	•	•
	Appartenance de voitures	•	•	•	•								•	•	•	•	•	•	•
DENSITÉ DOMICILE																			
	Densité de la population	•	•	•	•				•	•		•	•	•	•	•	•		
	Densité des emplois	•	•	•	•				•		•	•	•	•	•	•	•		
	Densité ultérieure de la population	•	•	•	•				•				•	•	•	•	•		
QUARTIER TRACÉ																			
		•	•	•	•		•						•	•	•	•	•	•	•
ACCESSIBILITÉ habitudes DOMICILE																			
	Voiture	•	•	•	•			•										•	
	Transport en commun	•	•	•	•			•										•	
	Marche à pied	•	•	•	•			•										•	
	Bicyclette	•	•	•	•			•											
ACCESSIBILITÉ possibilités DOMICILE																			
	Voiture				•										•	•			•
	Transport en commun			•										•		•			
	Marche à pied		•										•			•			
	Bicyclette															•			
ACCESSIBILITÉ habitudes TRAVAIL																			
	Voiture	•	•	•	•				•									•	
	Marche à pied	•	•	•	•				•									•	

Indications de l'analyse de sensibilité

Les variables d'accessibilité du modèle des habitudes, dont il était question précédemment, sont des mesures composites qui reflètent l'effet conjugué de différents facteurs, tels que le coût du stationnement, la durée du trajet et la distribution spatiale des activités. Pour avoir une idée plus complète des influences de chacun de ces facteurs sur l'utilisation de la voiture particulière, une analyse de sensibilité plus poussée a été effectuée. Les variables d'accessibilité ont été réduites individuellement de 10 pour cent, puis le changement dans l'utilisation totale de la voiture a été observé.

Les résultats d'estimations ont servi à élaborer une sorte de recensement qui fournit une estimation de l'utilisation totale de la voiture par la «population» de ménages d'Edmonton. La valeur du KTV de chaque ménage de l'échantillon est calculée à partir des résultats de l'équation de régression n° 17 (jugée la «meilleure»), puis on ajoute un facteur de pondération approprié pour en arriver à une valeur pour la population correspondante de ménages représentés par cette observation. Les valeurs pour toutes les observations sont ensuite additionnées pour obtenir une estimation du KTV total de toute la population de ménages représentée par tout l'échantillon. En outre, une estimation de l'utilisation totale de la voiture par un sous-groupe en particulier de la population d'Edmonton peut être faite en ne tenant compte que des observations des ménages du sous-groupe dans l'addition.

Dans l'analyse de sensibilité, le recensement de l'échantillon a d'abord été utilisé avec toutes les variables de composantes touchant l'accessibilité et toutes les autres variables explicatives établies à leur valeur observée. C'est ce qui a constitué l'estimation de base pour l'utilisation totale de la voiture. Nous avons ensuite réduit de 10 pour cent la valeur d'une variable de composante donnée, alors que les valeurs de toutes les autres variables explicatives sont demeurées constantes; le recensement de l'échantillon a été utilisé de nouveau pour faire une nouvelle estimation. Nous l'avons par la suite comparée à l'estimation de base, pour déterminer le changement survenu au niveau de l'utilisation totale de la voiture parallèlement au changement de la variable de composante.

Les facteurs constituants de l'accessibilité qui ont été examinés de cette façon étaient les suivants :

- durée du trajet à pied (effet simulé de rapprocher le domicile et les activités);
- durée du trajet en auto;
- durée du trajet en autobus;
- durée du trajet pour tous les modes (voiture, à pied, autobus);
- coût du stationnement;
- capacité des routes;
- vitesse sur les artères collectrices;
- tarifs d'autobus;
- distance à pied de l'arrêt d'autobus;
- durée d'attente de l'autobus.

5 CONSTATATIONS

Dans ce chapitre on trouvera un résumé des résultats des diverses estimations et de l'analyse de sensibilité, et les conclusions relatives aux influences sur l'utilisation de la voiture particulière par les ménages, en particulier, et les habitudes de déplacement, en général.

Résultats concernant la qualité d'ajustement

La qualité d'ajustement globale des équations de régression estimatives pour les différentes variables indicatives permet d'établir l'explication générale fournie par différents groupes de variables explicatives. En nul cas R^2_{adj} est-elle près de 1 dans les 18 exécutions, et dans certains cas elle est près de 0. Les valeurs ont tendance à augmenter avec le nombre de variables explicatives, ce à quoi il faut s'attendre, car un plus grand nombre de variables explicatives apportent plus d'information à utiliser dans une explication donnée, toutes proportions gardées. Les valeurs les plus élevées sont celles des équations de TOURC, le nombre de sorties obligatoires. Ces valeurs sont proches de 0,65 lorsqu'il y a un grand nombre de variables explicatives. Les valeurs les plus faibles sont celles des équations CATTC, CATTD et CADTD, le nombre moyen de trajets par sortie *obligatoire* et par sortie *facultative*, et la distance parcourue par trajet pour les sorties *obligatoires*, pour tous les modes respectivement. Ces valeurs sont inférieures à 0,1, même avec un nombre relativement élevé de variables explicatives.

Dans l'ensemble, les valeurs faibles de R^2_{adj} indiquent que, pour la plupart, la variation des habitudes de déplacement des ménages n'est pas expliquée par les équations de régression. Il fallait sans doute s'y attendre. Les habitudes de déplacement, nous le savons, sont très variables.

Les variations de HAUTO, le nombre de voitures particulières appartenant aux membres du ménage, s'expliquent mieux par les variables examinées ici relativement aux variations de la plupart des facettes du comportement, particulièrement lorsqu'un nombre relativement élevé de variables sont incluses. L'appartenance d'une voiture ne varie pas sur une base quotidienne, ce qui veut dire qu'une quelconque variation inexpliquée présente dans d'autres facettes du comportement des ménages est évitée et qu'une meilleure explication s'impose.

Ainsi, les facteurs examinés ici peuvent expliquer un peu mieux la variation des déplacements obligatoires que des déplacements facultatifs, ce qui semble raisonnable étant donné le nombre de variables d'emploi et d'éducation incluses en tant que variables explicatives. Ceci rejoint aussi la notion que les ménages ont des besoins sous-jacents qui ne varient pas beaucoup. Soit que le nombre d'arrêts par sortie est très variable de façon inhérente, soit qu'il est dicté par des facteurs autres que ceux à l'étude. Il en est de même pour la distance moyenne par trajet pour les sorties facultatives en particulier.

Résultats estimatifs de la fréquence d'utilisation de la voiture (KTV)

Cette section porte sur les résultats relatifs au KTV, soit les indications découlant des résultats estimatifs concernant la signification de l'influence des variables explicatives sur la fréquence d'utilisation de la voiture. Le tableau 2 montre les valeurs établies pour les estimations de paramètres ayant une signification statistique et les indices correspondants R^2_{adj} pour les 18 exécutions.

Une comparaison des valeurs R^2_{adj} indique que la façon d'obtenir les meilleures explications concernant le KTV est d'inclure les groupes de variables explicatives suivants :

Tableau 2 :
Élasticité médiane pour les estimations de paramètre significatives et R^2_{adj}

Type	Variable	Exec 1	Exec 1 Élasticité médiane	Exec 2 Élasticité médiane	Exec 3 Élasticité médiane	Exec 4 Élasticité médiane	Exec 5 Élasticité médiane	Exec 6 Élasticité médiane	Exec 7 Élasticité médiane	Exec 8 Élasticité médiane	Exec 9 Élasticité médiane	Exec 10 Élasticité médiane	Exec 11 Élasticité médiane	Exec 12 Élasticité médiane	Exec 13 Élasticité médiane	Exec 14 Élasticité médiane	Exec 15 Élasticité médiane	Exec 16 Élasticité médiane	Exec 17 Élasticité médiane	Exec 18 Élasticité médiane
		Variable																		
R^2_{adj}			0.329	0.330	0.330	0.334	0.216	0.088	0.201	0.042	0.035	0.019	0.040	0.320	0.321	0.325	0.328	0.306	0.329	0.320
MÉNAGE DÉMOGRAPHIE	HAUTO	HAUTO	0.436	0.438	0.440	0.436								0.473	0.475	0.468	0.468	0.501	0.434	0.464
	HSIZE	HSIZE	0.219	0.216	0.215	0.216	0.466							0.206	0.206	0.204	0.196	0.207	0.210	0.195
	HINCM	HINCM	0.150	0.143	0.145	0.138	0.325							0.135	0.138	0.135	0.120	0.143	0.152	0.144
	HEMPF	HEMPF	0.141	0.144	0.143	0.144	0.239							0.156	0.155	0.153	0.161	0.154	0.149	0.176
	HNGSC	-HNGSC	-0.021	-0.021	-0.02	0.020	-0.039												-0.017	
	HSHSS	HSHSS	0.019	0.019	0.019	0.019	0.023							0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.019	0.018
	HEMPP	HEMPP	0.017	0.018	0.018	0.018	0.036							0.020	0.019	0.019	0.020	0.019	0.019	0.023
	HWATH	HWATH	0.006	0.006	0.006	0.006	0.010							0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.006	0.007
	HRETD	-HRETD												-0.014	-0.012	-0.012	-0.011	-0.011		
ZONE DU DOMICILE DENSITÉ	POPHA	-POPHA								-0.574	-0.307		-0.257			-0.150		-0.135		
	PHHHA	PHHHA								0.351					-0.125					
	EMPHA	-EMPHA								-0.029		-0.051	-0.028					-0.007		
QUARTIER TRACÉ ROUTIER	NRGDL	-NRGDL	-0.013	-0.015	-0.016	-0.012		-0.072						-0.03	-0.023	-0.016	-0.026	-0.034	-0.016	-0.022
	NRGCL	NRGCL	0.012	0.011	0.012	0.006		0.025						0.014	0.015	0.005		0.023	0.012	0.010
	NRGDM	-NRGDM	-0.012	-0.016	-0.023			-0.121						-0.023	-0.032	-0.017	-0.030	-0.040	-0.015	-0.021
	NRCCL	-NRCCL						-0.011							0.124					
ZONE DU DOMICILE ACCESSIBILITÉ (HABITUDES; EZ)	AACHZ	AACHZ	0.460	0.415	0.344	0.478			0.771										0.398	
	TACHZ	-TACHZ							-0.018										-0.016	
	NTACH	NTACH	0.035	0.024	0.020				0.048										0.050	
	WACHZ	-WACHZ							-0.092										-0.091	
	BACHZ	-BACHZ	-0.186	-0.187	-0.208				-0.393											0.647
ZONE DU DOMICILE ACCESSIBILITÉ (BASSIN DE POSSIBILITÉS; ERR	AAT45																			
	AAS45	AAS45				7.761										8.504	5.756			
	AAR45	-AAR45				-6.466										-7.150				
	AAT30																			-0.584
	AAJ30	AAJ30				2.445										1.840	2.813			
	AAN30	-AAN30				-2.261										-2.007	-2.354			
	AAS30	-AAS30				-0.609														-0.072
	AAT15																			
	AAN15	AAN15				0.463										-0.864				
	AAJ15															0.661				
	TAT30	TAT30			0.103															
	TAR30	-TAR30			-0.053															
	TAS30	-TAS30			-0.041										-0.049		-0.054			
	TAP30	-TAP30			-0.021										-0.023		-0.030			
	TAP15														-0.006					
	TAN15																-0.075			
	WKN45	-WKN45												-0.270			-0.201			
	WKR15	WKR15												0.019						
	WKP30	-WKP30												-0.006						
	WKP15	-WKP15												-0.003						
	BKT45																-0.363			
	BKR45																0.537			
	BKS15	-WKP15												-0.003			0.105			
ZONE DU TRAVAIL ACCESSIBILITÉ (HABITUDES; ERR	AAAWZ	AAAWZ							0.401										0.055	
	WAAWZ	-WAAWZ	-0.017	-0.017	-0.017	-0.017			-0.024										-0.017	

- variables démographiques;
- toutes les accessibilités spécifiques des modes pour la zone où se trouve le domicile, que ce soit l'accessibilité du modèle des habitudes ou l'accessibilité des bassins de possibilités;
- l'accessibilité du modèle des habitudes entre la voiture et la marche à pied pour la zone où se trouve le domicile;
- le tracé routier du quartier.

Le tableau 3 résume certaines des valeurs R^2_{adj} obtenues lorsque certains groupes de variables explicatives sont incluses de manière isolée. Les variables démographiques des ménages et les variables d'accessibilité du domicile et du travail expliquent mieux, à elles seules, la variation du KTV que le tracé routier du quartier ou les variables de densité. Ces variables indiquent des estimations de paramètres significatives dans toutes les exécutions où elles sont incluses. Les variables du tracé routier du quartier affichent aussi presque toujours une influence faible, quoique appréciable, sur le KTV.

Tableau 3 :
Résultats de la qualité d'ajustement sur certains groupes de variables explicatives

Groupes de variables explicatives	R^2_{adj}
Démographie des ménages	0,22
Accessibilité des zones du domicile et du travail	0,2
Tracé routier du quartier	0,08
Densité de la zone du domicile	0,02-0,04

Toutefois, pour ce qui a trait aux variables de densité, il y a une forte tendance générale là où les estimations de paramètres pour les variables de densité résidentielle et d'emploi sont significatives seulement lorsque d'autres variables sont exclues. Plus précisément, elles perdent leur signification avec l'inclusion des variables démographiques des ménages et d'accessibilité. Ainsi, les résultats pour les exécutions 1, 8 et 9 sont les suivants :

- Lorsque POPHA (population par hectare), EMPHA (emplois par hectare) et PHHHA (population potentielle par hectare) sont les seules variables, leurs coefficients estimatifs sont tous significatifs.
- Lorsque POPHA est isolée, son coefficient estimatif est significatif et l'élasticité associée à la valeur médiane est négatif, comme prévu et relativement élevée en magnitude absolue, ce qui laisse entendre une forte influence.
- Par contre, lorsque d'autres variables explicatives sont incluses, les coefficients estimatifs pour POPHA, EMPHA et PHHHA sont tous significatifs et l'élasticité aux valeurs médianes est relativement faible.

De plus, les valeurs R^2_{adj} sont beaucoup plus élevées lorsque d'autres variables explicatives sont incluses. Tout ceci sous-entend que les paramètres estimatifs sont biaisés lorsque POPHA, EMPHA et PHHHA sont les seules variables explicatives, parce que les variables incluses ont une corrélation avec les variables exclues, et ainsi les estimations de paramètres «captent» un effet combiné. Nous pensons que c'est ce qui a influencé les conclusions d'autres études, où les variables de densité ont été examinées de manière isolée, comme celles de Newman et Kenworthy (1989a, 1989b).

L'équation de régression pour KTV au cours de l'exécution n° 17 a été retenue pour un examen plus poussé de certaines indications, pour les raisons suivantes :

- Elle comporte un ensemble assez complet des variables explicatives les plus solides.
- Sa valeur R^2_{adj} est relativement élevée.
- Toutes ses valeurs de paramètres estimatives sont significatives.
- Comparativement aux autres équations examinées pour le KTV, ses paramètres estimatifs correspondent le plus aux prévisions en ce qui concerne les signes et les magnitudes relatives.

Tous ces motifs réunis indiquent que l'équation de régression pour le KTV de l'exécution n° 17 explique le mieux l'utilisation de la voiture. Signalons que certaines des variables de densité

Tableau 4:
Résultats des variables explicatives significatives pour les variables explicatives du KTV

Variable	Description	Coef. t	Élasticité médiane
HAUTO	Nombre de voitures dans le ménage	18,0	0,43
HINCM	Revenu annuel du ménage	5,2	0,152
HSIZE	Nombre de personnes dans le ménage	5,5	0,210
HEMPF	Nombre d'employés à temps plein dans le ménage	7,0	0,149
HEMPP	Nombre d'employés à temps partiel dans le ménage	3,2	0,019
HSHSS	Nombre d'étudiants au 2e cycle secondaire	4,9	0,019
HNGSC	Nombre d'étudiants au primaire dans le ménage	-1,5	-0,017
HWATH	Nombre d'employés travaillant à domicile	3,1	0,006
NRGDM	Tracé routier en grille rectangulaire dans la zone du domicile	-1,9	-0,015
NRGDL	Tracé routier principalement en grille rectangulaire dans la zone du domicile	-2,8	-0,016
NRGCL	Tracé mixte en grille rectangulaire et curviligne dans la zone du domicile	4,0	0,012
AACHZ	Accessibilité du domicile en voiture	4,5	0,398
TACHZ	Accessibilité du domicile en autobus	-2,1	-0,016
NTAOH	Autobus "non disponible" dans la zone du domicile	10,0	0,050
WACHZ	Accessibilité du domicile à pied	-4,1	-0,091
AAAWZ	Accessibilité du travail en voiture	2,0	0,055
WAAWZ	Accessibilité du travail à pied	-6,2	-0,017

Tableau 5 :
Résultats des variables explicatives sans signification pour le KTV

Variable	Description	Coef. t	Élasticité médiane
NRCCL	Tracé routier curviligne régulier dans la zone du domicile	0,1	0,001
POPHA	Personnes par km² brut à bâtir dans la zone du domicile	1,4	0,034
EMPHA	Emplois par km² brut à bâtir dans la zone du domicile	0,6	0,003

examinées dans l'étude n'affichaient pas d'influence importante et n'ont donc pas été incluses dans l'exécution n° 17.

Les rapports T et l'élasticité aux valeurs médianes pour les variables dont les estimations de paramètres étaient significatives dans l'équation pour le KTV figurent au tableau 4. Les valeurs correspondantes pour les autres variables dont les estimations de paramètres sont sans signification se trouvent au tableau 5.

Indications des estimations de paramètres significatifs pour le KTV

Certaines des indications précises apportées par les magnitudes relatives des rapports T et l'élasticité aux valeurs médianes du tableau 4 sont les suivantes.

- Le nombre de voitures particulières appartenant aux membres du ménage (HAUTO) est la variable explicative la plus importante en ce qui concerne les ménages, car son élasticité aux valeurs médianes est de 0,434, ce qui est positif, comme prévu.

Remarquez que HAUTO est aussi fortement liée à toute une gamme de variables démographiques de ménages, dont le revenu, la taille et le nombre d'employés.

- Les variables démographiques des ménages ont une forte incidence sur le KTV. Le revenu, la taille et le nombre de membres du ménage qui travaillent à temps plein ont le plus d'influence. Les variables relatives à l'âge et à la situation professionnelle2 une influence moins marquée, quoique appréciable. Ceci correspond aux autres études (Ewing, 1995; Kitamura et coll., 1994; Schimek, 1996).

L'accessibilité propre au mode pour la zone du domicile a une grande influence sur la fréquence de l'utilisation de la voiture. Plus particulièrement, l'accessibilité de la voiture pour la zone du domicile, AACHZ, a une forte influence positive sur le KTV, comme prévu. L'élasticité aux valeurs médianes de 0,398 est la deuxième variable explicative en importance de toutes celles qui étaient incluses. L'accessibilité à pied pour la zone du domicile, WACHZ, exerce une influence négative modérée et l'accessibilité du transport en commun pour la zone du domicile, TACHZ, a une légère influence, mais non négligeable, sur le KTV, encore une fois comme prévu. L'absence totale de service d'autobus dans la zone du domicile, illustrée par NTAOH, a une influence positive modérée supplémentaire sur le KTV, tout comme les résultats de TACHZ. Les résultats de NTAOH et de TACHZ ensemble impliquent que le niveau de service d'autobus est moins important que la simple disponibilité d'un service d'autobus. Ceci pourrait être attribuable au service de transport en commun d'Edmonton, qui dessert la plupart es quartiers et offre un minimum de services, et au fait que les tarifs soient fixes abstraction faite de la distance à parcourir ou des itinéraires.

- L'accessibilité en voiture et à pied de la zone du domicile influe sur la fréquence d'utilisation de la voiture à peu près comme les valeurs correspondantes de la zone du domicile, mais dans une moins grande mesure. Plus précisément, l'accessibilité en voiture de la zone du domicile, comme l'indique AAAWZ, a une influence positive modérée sur le KTV, tandis que l'accessibilité à pied de la zone de travail, indiquée par WAAWZ, a une influence négative assez réduite sur le KTV. Ces résultats rejoignent l'idée qu'une plus grande facilité de marcher et une moins grande facilité de conduire pour se rendre à destination chez les personnes qui travaillent, à l'heure du déjeuner peut-être, pourraient concourir à faire diminuer la dépendance de l'automobile.

- Le nombre de personnes travaillant à domicile, HWATH, a une influence légère mais appréciable sur le KTV. Ceci contredit ce que pensent certains à l'heure actuelle sur les avantages potentiels d'encourager les gens à travailler à la maison, voire de transmettre le travail électroniquement. Les résultats obtenus ici, pour toutes les variables indicatives, pas seulement le KTV, et pour les exécutions autres que le n° 17, indiquent que les ménages comptant des membres travaillant à la maison ont effectivement tendance à faire moins de sorties obligatoires, mais aussi à faire plus de sorties facultatives comportant plus d'arrêts, des trajets plus longs et une plus grande proportion d'utilisation de la voiture particulière, de sorte qu'ils utilisent généralement la voiture davantage.

- Le tracé routier autour du domicile intervient pour peu dans la fréquence d'utilisation de la voiture, comme l'indiquent les résultats pour les variables NRGDM, NRGDL et NRGCL. L'élasticité faible et négative aux valeurs médianes pour les tracés «rectangulaire seulement» et «rectangulaire pour la plupart» laisse entendre que ces tracés ont tendance à faire diminuer légèrement l'utilisation de la voiture particulière par opposition au tracé curviligne aléatoire. Ceci correspond à peu près à l'opinion générale concernant l'incidence de l'aménagement néo-traditionnel sur la dépendance de la voiture, bien que l'ampleur de l'effet indiqué ici

pourrait être un peu moins grande que ce que prétendent les ténors de l'aménagement néo-traditionnel (Active Living, 1996; Adler, 1995; Bookout, 1992a, 1992b; Crane, 1996a, 1996b; Duany et Plater-Zyberk, 1991, 1992). Une légère élasticité positive aux valeurs médianes pour la combinaison de tracés rectangulaire et curviligne laisse entendre que ce tracé fait légèrement augmenter l'utilisation de la voiture particulière par opposition au tracé curviligne aléatoire.

Indications des estimations de paramètres sans signification pour le KTV

Le tableau 5 offre les indications suivantes :

- La densité de la population, représentée par POPHA, n'a pas d'influence significative sur l'utilisation de la voiture particulière lorsque la régression est effectuée en même temps que les autres variables explicatives. Son estimation de paramètre (sans signification) est de 0,00059, et l'élasticité connexe à la valeur médiane est de 0,0339. Cette élasticité positive à la valeur médiane indique qu'une densité résidentielle croissante fait augmenter l'utilisation de la voiture, bien que dans ce cas notre certitude ne soit pas absolue à cause du manque de signification de l'estimation de paramètre correspondante. Dans l'ensemble, ces résultats semblent contredire ceux de certaines autres études, où la densité de la population s'est révélée avoir une forte influence négative sur l'utilisation de la voiture. Cependant, certaines études ont utilisé des mesures de densité de population pour des villes entières et examiné les habitudes pour différentes villes, ce qui diffère de la mesure de la densité de la population de quartiers et des habitudes observées pour une seule ville, comme nous l'avons fait. Par ailleurs, dans certaines autres études l'effet de la densité a été examiné sans inclure les mesures d'accessibilité et sans régression multiple, comme nous l'avons fait. L'exclusion d'autres variables telles que les mesures d'accessibilité introduit un biais au regard des influences apparentes des densités, comme nous l'avons déjà mentionné.

- La densité des emplois, représentée par EMPHA, n'a pas beaucoup d'influence sur le KTV. Son estimation de paramètre (significative) et l'élasticité connexe à la valeur médiane sont positives et même plus faibles que celles de POPHA. Les mêmes observations que nous venons de faire sur POPHA s'appliquent aussi à EMPHA.

- Un tracé routier de forme curviligne régulier dans la zone du domicile, représenté par NCR, n'a pas eu d'effet perceptible sur le KTV par rapport au tracé routier de forme curviligne aléatoire. Ceci, à la lumière des résultats des tracés rectangulaires décrits ci-dessus, laisse entendre que la distinction importante dans les tracés des rues du quartier relativement à la fréquence d'utilisation de la voiture particulière a trait à la forme (grille rectangulaire par opposition au tracé curviligne) plutôt que la régularité (aléatoire par opposition à régulier) du tracé.

Autres éléments relatifs aux estimations pour le KTV

Certaines indications précises fournies par les résultats de l'ensemble des exécutions sont les suivantes:

- Dans la plupart des exécutions, le paramètre estimatif pour NRETD, le nombre de personnes retraitées dans le ménage, est négligeable.

- La variable d'accessibilité en ce qui concerne l'utilisation de la bicyclette, donne à peu près les mêmes effets que les variables d'accessibilité de la marche à pied et du transport en commun, WACHZ et TACHZ respectivement, et il y a par conséquent une forte corrélation avec l'accès variable, les coefficients de corrélation étant de 0,732 et 0,768 respectivement. Dans la plupart des cas où BACHZ est incluse comme variable explicative avec WACHZ, le paramètre estimatif pour WACHZ est négatif, comme prévu, mais il n'est pas sans importance. Toutefois, lorsque BACHZ n'est pas inclus,

l'estimation de paramètre pour WACHZ est négative et significative. Le mode de la marche à pied a été jugé plus pertinent que le mode de la bicyclette en général, ce qui semblerait privilégier une spécification où WACHZ est incluse, mais pas BACHZ, comme nous l'avons fait dans l'exécution n° 17, au lieu d'une estimation de paramètre pour WACHZ est négligeable. Il est important de reconnaître que, lorsque BACHZ est exclue, l'estimation de paramètre pour WACHZ comprend certains des effets de l'accessibilité par bicyclette et, au sens le plus strict, est donc biaisée. Mais on a jugé que cette représentation correspond assez bien à la réalité où les conditions qui influencent l'accessibilité à pied influencent aussi l'accessibilité à bicyclette à peu près de la même façon. Ainsi, les changements dans un cas sont fortement liés au changement dans l'autre, si bien que d'inclure la représentation d'un seul donne une représentation appropriée des effets des deux.

- En général, les estimations d'un paramètre pour les diverses variables d'accessibilité des bassins de possibilités ne sont pas significatives, et il est difficile de voir une tendance claire se dégager dans les signes ou les magnitudes relatives des estimations. Cette absence de signification et de tendances bien définies pourrait être en partie attribuable au nombre relativement élevé de paramètres en question, parce qu'on voudrait tirer un peu trop d'information des données. Les résultats des variables d'accessibilité selon le mode choisi sont beaucoup plus solides et comportent moins d'estimations de paramètre. En outre, ces variables s'appuient sur une représentation plus complète et continue des facteurs qui influencent le déplacement, car elles sont basées sur le caractère pratique du déplacement, qui réunit divers éléments pondérés du temps et du coût du déplacement. Tout ceci mène à une préférence très forte pour les mesures du mode choisi au lieu des mesures du bassin de possibilités pour les variables d'accessibilité.

Tableau 6 :
Résultats des variables explicatives significatives pour HAUTO

Variable	Description	Coef. t	Élasticité médiane
HINCM	Revenu annuel du ménage	18,4	0,287
HSIZE	Nombre de personnes dans le ménage	20,2	0,408
HEMPF	Nombre d'employés à temps plein dans le ménage	10,1	0,118
HEMPP	Nombre d'employés à temps partiel dans le ménage	8,0	0,025
HSHSS	Nombre d'étudiants au 2e cycle secondaire	4,5	0,010
HNGSC	Nombre d'étudiants au primaire dans le ménage	-15,3	-0,091
HWATH	Nombre d'employés travaillant à domicile	4,0	0,004
NRGDM	Tracé routier en grille rectangulaire dans la zone du domicile	1,8	0,007
NRGDL	Tracé routier principalement en grille rectangulaire dans la zone du domicile	3,0	0,010
NRCCL	Tracé curviligne régulier dans la zone du domicile	3,5	0,008
NRGCL	Tracé mixte en grille rectangulaire et curviligne dans la zone du domicile	2,9	0,005
AACHZ	Accessibilité du domicile en voiture	8,1	0,390
TACHZ	Accessibilité du domicile en autobus	-1,9	-0,008
NTAOH	Autobus "non disponible" dans la zone du domicile	8,1	0,022
WACHZ	Accessibilité du domicile à pied	-6,1	-0,074
AAAWZ	Accessibilité du travail en voiture	-2,3	-0,035
WAAWZ	Accessibilité du travail à pied	-7,2	-0,011

Tableau 7 :
Résultats des variables explicatives sans signification pour HAUTO

Variable	Description	Coef. t	Élasticité médiane
POPHA	Personnes par km² brut à bâtir dans la zone du domicile	0,0	0,000
EMPHA	Emplois par km² brut à bâtir dans la zone du domicile	-1,3	-0,003

Résultats des estimations sur l'appartenance d'une voiture particulière (HAUTO)

Les résultats d'estimation pour le KTV indiquent que le nombre de voitures particulières dans le ménage, HAUTO, exerce une influence positive très forte sur la fréquence d'utilisation de la voiture. Le tableau 6 indique les rapports T et l'élasticité aux valeurs médianes pour les variables dans l'équation pour HAUTO ayant des estimations de paramètres significatives, et le tableau 7 énumère les valeurs correspondantes pour les variables ayant des estimations de paramètre négligeables. Les résultats pour HAUTO sont, dans les grandes lignes, semblables aux résultats pour le KTV; ce qui n'est pas surprenant vu la forte influence de HAUTO sur le KTV.

À l'instar du KTV, les meilleures explications des variations dans HAUTO peuvent être obtenues lorsque les types suivants de variables explicatives sont incluses:

- variables démographiques;
- toutes les accessibilités propres au mode pour la zone où se trouve le domicile, que ce soit les accessibilités du modèle des habitudes ou les accessibilités du bassin de possibilités;
- les accessibilités du modèle des habitudes en ce qui concerne la voiture et la marche à pied pour la zone où se trouve le lieu de travail; et
- le tracé des rues du quartier.

Le nombre de personnes dans le ménage, l'accessibilité en voiture du domicile et le revenu annuel du ménage ont la plus grande influence sur l'appartenance d'une voiture.

Résultats estimatifs pour d'autres variables indicatives

Le tableau 8 présente la magnitude relative, la direction et l'influence statistique des variables explicatives sur chaque composante des habitudes de déplacement des ménages pour l'exécution n° 17 en particulier.

En général, les effets de certaines variables explicatives sur toute une gamme de composantes de déplacement diffèrent beaucoup, dans certains cas, de leur impact sur le KTV. Ceci pourrait expliquer pourquoi d'autres études ont obtenu différentes indications des influences de certaines variables explicatives, tout dépendant des variables indicatives qui ont été examinées. Les constatations relatives aux variables de densité et d'accessibilité, plus particulièrement, sont expliquées ci-après.

Les densités de la population et des emplois, POPHA et EMPHA respectivement, ont toutes les deux des influences négatives modérées et significatives sur la proportion de déplacements en voiture pour les sorties obligatoires. La densité des emplois a aussi une petite influence négative, quoique significative, sur le nombre de déplacements par sortie obligatoire. Tous les autres facteurs sont sans importance, et les influences sur l'utilisation de la voiture dans l'ensemble n'ont pas d'importance non plus. Les indications des influences négatives significatives sur la proportion de déplacements en voiture laissent penser que des densités accrues rendent la voiture un peu moins attrayante et qu'elles ont un peu plus d'influence, du moins pour les sorties obligatoires. Ceci rejoint la notion que le transport en commun est un moyen de concurrence beaucoup plus efficace contre la voiture et peut faire diminuer la proportion de déplacements en voiture lorsque:

Tableau 8 :
Sommaire des résultats pour toutes les composantes des déplacements des ménages

NOM VARIABLE	Distance voiture Total UKT	Nombre sorties obligatoires TOURC	Déplacements par sortie obligatoire CATTC	Distance par trajet obligatoire CADTRC	Changement pour voiture sortie obligatoire OPDAC	Nombre sorties facultatives TOURD	Déplacements par sortie facultatives CATTD	Distance par déplacement facultatives CADTD	Changement pour voiture sortie facultatives OPDAD	Appartenance d'une voiture HAUTO
R^2_{adj}	0.329	0637	0.048	0.196	0.27•	0.262	0.038	0.053	0.124	0.366
TOURC			—			—	–			
TOURD							–			
HAUTO	++++	++	++	+++	++++	+++	++	+++	++++	
HAUAV				++++				++++		
HINCM+++	++	+++	++	+++	+++	-	–	–	++++	
HSIZE++++	++++	–	–	—	++++		++	—	—	++++
HEMPF	+++	++++	-	++	+++	—	–	++	++++	+++
HEMPP	++	++	-	-	++	–	+	+	-	++
HSHSS	++	+	-	++	–	-	-	++	++	+
HNGSC	–	++++	+	—	—	–	+	–	+++	–
HWATH	+	–	-	-	–	++	++	++	++	+
NRGDM	–	–	-	–	–	-	+	++	–	+
NRGDL	–	–	-	–	–	-	+	+	++	+
NRGCL	++	-	-	++	-	-	+	++	–	+
NRCCL+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	
POPHA	++	++	-	-	—	–	++	–	—	-
EMPHA	+	-	-	-	–	-	+	-	-	-
AACHZ++++	—	++	++++	++++	+++	+++	++++	++++	++++	
TACHZ–	++	+	–	–	+	-	-	-	-	
NTAOH++	–	+	++	++	-	+	++	+	++	
WACHZ	–	++	–	—	–	++	–	—	—	–
AAAWZ	++	++	+++	++	++++	++	–	-	++++	–
WAAWZ	–	+	+	–	—	-	-	++	-	–

Clé : variable «sans signification» - coefficient <1,5

+	élasticité positive, moins de 0,01	-	élasticité négative, moins de 0,01
++	élasticité positive, entre 0,01 and 1,10	--	élasticité négative, entre 0,01 and 1,10
+++	élasticité positive, entre -,1- and 0,20	---	élasticité négative, entre -,1- and 0,20
++++	élasticité positive, plus de 0,20	----	élasticité négative, plus de 0,20

- les densités du quartier sont plus grandes et les distances à parcourir à pied sont donc suffisamment plus courtes; et
- les trajets se font à plusieurs reprises, dans le cas des trajets au travail et à l'école, parce que les avantages de l'effort requis pour se renseigner sur le réseau de transport en commun sont répartis sur un grand nombre de trajets individuels.

Les résultats montrent que l'influence spécifique de la densité se conjugue avec les valeurs d'accessibilité du transport en commun, de la marche à pied et de la bicyclette.

L'accessibilité en voiture de la zone où se trouve le domicile, AACHZ, a généralement une influence positive forte sur l'utilisation de la voiture. Ces résultats indiquent que plus l'accessibilité de la voiture augmente, plus les ménages ont tendance à acquérir plus de voitures, à faire un plus grand nombre de sorties facultatives plus longues et axées sur la voiture, et à faire moins de sorties obligatoires plus longues axées sur la voiture, de sorte que pour finir ils ont tendance à prendre la voiture beaucoup plus.

L'accessibilité du transport en commun dans la zone où se trouve le domicile, TACHZ, a une influence négative modérée et significative sur l'utilisation de la voiture en général. Les résultats montrent que, plus l'autobus est accessible, plus les ménages ont tendance à s'acheter moins de voiture et à faire plus de sorties obligatoires moins longues, de sorte qu'ils ont tendance à utiliser la voiture un peu moins.

L'absence de transport en commun dans la zone où se trouve le domicile exerce des influences similaires à celles de l'accessibilité du transport en commun. Le résultat net est une influence positive modérée et significative sur l'utilisation de la voiture en général. Tout ceci indique que les ménages situés dans des zones où il n'y a pas de service d'autobus ont tendance à s'acheter plus de voiture, à faire moins de sorties plus complexes et axées sur la voiture, de sorte qu'ils utilisent la voiture davantage. Encore une fois, il importe de souligner que ces résultats n'indiquent pas une «orientation» dans cette tendance. Il est possible que a) l'absence de transport en commun fait en sorte que les ménages dépendent davantage de voiture, ou b)que les ménages qui aiment se déplacer en voiture se préoccupent peu du transport en commun et qu'ils sont davantage portés à se loger là où il n'y a pas de transport en commun ou c) les deux.

L'accessibilité à pied de la zone du domicile, WACHZ, exerce des influences assez semblables à celles de l'accessibilité du transport en commun dans la zone où se trouve le domicile, bien que l'influence de l'accessibilité à pied soit probablement un peu plus forte. Ces résultats montrent que, plus l'accessibilité à pied augmente, moins les ménages ont tendance à être propriétaires de voiture et à faire un plus grand nombre de sorties moins longues et axées sur la voiture, le résultat étant qu'ils ont tendance à moins utiliser la voiture en général.

L'accessibilité de la voiture dans la zone de travail, AAAWZ, a une influence positive modérée et significative sur l'utilisation de la voiture en général. Ces résultats laissent entendre que lorsque l'accessibilité de la voiture dans la zone de travail augmente, les ménages ont tendance à faire plus de sorties obligatoires plus complexes et axées sur la voiture et à se servir de la voiture pour une plus grande proportion de déplacements facultatifs. Ceci n'est pas étonnant, car l'aller-retour au travail tombe dans la catégorie obligatoire.

Les résultats pour l'accessibilité à pied dans la zone de travail, WAAWZ, indiquent que lorsque l'accessibilité à pied dans la zone de travail augmente, les ménages ont tendance à faire des sorties obligatoires un peu plus courtes et plus complexes sans prendre la voiture, tandis que le nombre de sorties obligatoires demeure largement inchangé. C'est sans doute parce que les lieux de travail plus accessibles à pied encouragent les gens à sortir du bureau pour se promener durant l'heure du déjeuner et les pauses. L'appartenance d'une voiture par le ménage est également réduite, comme prévu. L'effet net est une réduction de l'utilisation de la voiture par le ménage.

Tableau 9
Sommaire des résultats de l'analyse de sensibilité indiquant les changements dans l'utilisation totale de la voiture après une modification de 10% dans les diverses variables de composantes d'accessibilité

Changement de composante d'accessibilité	Coeur %	Banlieue %	Total - ville %
Durée du trajet à pied moins 10 %*	-3,79	-3,02	-3,25
Trajet pour tous les modes, moins 10 %*	-2,8	-2,25	-2,41
Trajet en voiture moins 10 %*	1,66	1,44	1,4
Trajet en autobus moins 10 %*	-0,68	-0,67	-0,63
Capacité de la route moins 10 %	-0,57	-0,46	-0,49
Coût de l'essence plus 10 %	-0,5	-0,46	-0,46
Temps d'attente pour l'autobus moins 10 %	-0,48	-0,35	-0,4
Coût du stationnement plus 10 %	-0,45	-0,26	-0,34
Coût du stationnement plus 0,50 $**	-4,2	-2,8	-3,37
Durée du trajet pour prendre l'autobus moins 10 %	-0,42	-0,23	-0,32
Tarif d'autobus moins 10 %	-0,34	-0,21	-0,27
Vitesse limite de l'artère collectrice moins 10 %	-0,32	-0,24	-0,27

Nota:
* Les trajets réduits simulent l'effet de rapprochement physique des activités, de sorte qu'ils sont liés au changement dans la densité et les utilisations de terrain.
** Voir note en fin de texte n° 3.

Le tableau 8 indique que les diverses facettes du comportement des ménages lorsqu'ils se déplacent s'expliquent en majeure partie par les variables démographiques des ménages et les variables d'accessibilité. Les variables du tracé routier du quartier ne sembleraient pas expliquer le comportement en ce qui concerne plus particulièrement les sorties facultatives, et les variables de densité n'expliquent pas très bien la proportion de déplacements en voiture pour les sorties obligatoires.

Résultats de l'analyse de sensibilité

Dans cette section, nous nous penchons sur les indications découlant des résultats de l'analyse de sensibilité, concernant l'influence de certaines composantes de l'accessibilité sur l'utilisation totale de la voiture, basée sur l'équation pour le KTV dans l'exécution n° 17. Le tableau 9 résume les résultats de l'analyse de sensibilité. Les indications découlant de ces résultats sont décrites ci-dessous, d'abord par catégorie de variables de composante, puis par région géographique de la zone des ménages.

Incidences des changements apportés à la durée du trajet des modes

L'incidence la plus grande sur l'utilisation de la voiture était, de toutes les composantes d'accessibilité examinées, le changement de la durée du trajet à pied (tous les autres trajets étant constants), avec une élasticité pour l'ensemble de la ville de -3,25 %.[3] Le signe de moins avait été prévu, c'est-à-dire que lorsque les activités sont rapprochées et que le trajet à pied diminue, l'utilisation de la voiture aussi. En fait, les signes des élasticités associées aux résultats de l'analyse de sensibilité avaient tous été prévus, ce qui donne plus de crédibilité aux résultats.

Un changement dans les trajets de tous les modes a eu la deuxième incidence en importance, avec une élasticité pour l'ensemble de la ville de -0,241. Il s'agit du temps passé dans le véhicule pour les voitures et l'autobus, et en mouvement pour la marche. Une réduction de la durée de trajet pour tous les modes correspond à une augmentation de la densité et de l'hétérogénéité des activités, bien que les trajets en voiture soient touchés par d'autres facteurs, comme le débit de la circulation.

Au troisième rang figurait le changement apporté au trajet en voiture, et ses élasticités sont négatives, comme prévu.[4] Les modifications apportées aux trois variables relatives au transport en commun (trajet dans le véhicule, attente et trajet à pied) ont eu le moins d'incidence sur les temps de déplacement des divers modes examinés. L'élasticité de l'utilisation de la voiture en ce qui concerne le trajet en autobus pour l'ensemble de la ville est la plus élevée des trois variables, et elle n'est que de +0,063, ce qui indique le rôle relativement mineur du service d'autobus proprement dit lorsque les autres facteurs influant sur l'utilisation de la voiture sont considérés.

Ces résultats laissent entendre, toutes proportions gardées, qu'il y aurait moins d'utilisation de la voiture par les ménages dans les quartiers où les liens pour les piétons sont mieux aménagés (qui accroissent l'accessibilité à pied aussi) et des densités d'activités élevées et des utilisations de terrain mixtes (qui augmentent l'accessibilité de tous les modes). Ils indiquent aussi que les ménages seront moins portés à prendre la voiture dans les quartiers où le service d'autobus est supérieur (ce qui augmente l'accessibilité du transport en commun aussi), mais que cet effet sera beaucoup plus modeste.

Incidences des modifications routières

Une diminution de la capacité des routes, c'est-à-dire du volume de circulation, a beaucoup moins d'impact sur l'utilisation de la voiture qu'un changement correspondant dans la durée des trajets en voiture. Il est probable que ce résultat soit attribuable, du moins en partie, au fait qu'il y avait peu d'embouteillages dans la ville d'Edmonton au moment de la collecte des données. Même au cours des périodes de pointe, moins de 3 % du réseau routier dépassait de 95 % sa capacité. Étant donné cette capacité importante, les réductions de capacité de 10 % dans l'analyse de sensibilité ont eu peu d'incidence sur la durée des trajets, donc peu sur l'accessibilité.

Un changement apporté à la vitesse limite sur les artères collectrices a eu le moins d'incidence sur l'utilisation de la voiture parmi toutes les composantes d'accessibilité qui auront été éprouvées. L'élasticité de l'utilisation de la voiture par rapport à la vitesse sur les artères collectrices n'est que de +0,027. Il semblerait que ce soit en raison du fait, du moins en partie, que le réseau routier compte très peu d'artères collectrices, et que la réduction des vitesses limites sur ces artères ne touche qu'une petite fraction des temps de déplacement pour la grande majorité des sorties en voiture. Par surcroît, les temps de déplacement en voiture sur les artères collectrices dans les zones résidentielles et autres sont fonction non seulement des vitesses opérationnelles, mais aussi du nombre d'arrêts aux panneaux et aux feux de circulation, et au temps d'attente en queue. Ceci réduirait davantage l'incidence des changements apportés à la vitesse limite des artères collectrices sur la durée du trajet, donc l'accessibilité.

Différentes mesures d'atténuation, telles que la conception de chaussées qui ralentit la conduite et oblige à manoeuvrer davantage, par des voies plus étroites et un tracé plus sinueux, pourraient être un moyen de décourager l'utilisation de la voiture en forçant les conducteurs à conduire plus lentement et à suivre un trajet plus difficile et moins attrayant. Les résultats obtenus ici montrent que des lignes de conduite élaborées pour décourager l'utilisation de la voiture par une restriction de la capacité du réseau routier (ou des limites de vitesse sur les artères collectrices) auront très peu d'effets à Edmonton. Cependant, ces résultats ne portent pas sur les effets des mesures de la circulation à proprement parler, seulement les effets de certaines modifications apportées à la capacité et aux vitesses limites qui résulteraient de ces mesures.

Incidences des modifications de coûts

Les modifications apportées au coût des déplacements ont eu relativement moins d'effets sur l'utilisation de la voiture que les modifications apportées au temps de déplacement correspondant. Un changement dans le coût de l'essence a l'influence la plus importante des composantes du coût de déplacement, avec une élasticité de -0,046.

Il est un peu étonnant que le changement apporté au coût du stationnement ait peu d'effets vu le rôle prédominant des frais de stationnement dans la plupart des analyses de demande des déplacements. Il semble que ce résultat soit en partie attribuable au fait qu'il n'y avait pas de frais de stationnement à de nombreux endroits à Edmonton au moment de l'enquête. Des frais de stationnement étaient imputés principalement à l'intérieur et dans les environs du quartier central des affaires et des grandes maisons d'enseignement postsecondaire. Un coût nul majoré de 10 % donne toujours un coût de 0, si bien que beaucoup de frais de stationnement ne sont pas touchés et l'incidence réelle sur l'accessibilité en voiture est faussée par cette analyse.

Pour jeter plus de lumière sur la situation, une autre analyse de sensibilité a été effectuée, où les frais de stationnement sont majorés par un montant total uniforme de 50 cents par trajet, plutôt que par un pourcentage des frais existants. Les résultats de ce changement sont indiqués au tableau 9. Cette modification provoque le plus important changement dans l'utilisation de la voiture, mais ce résultat ne peut être comparé directement aux autres valeurs d'élasticité du tableau 9 parce qu'il s'agit d'une valeur absolue, non pas relative. Malgré tout, la réaction relativement radicale semblerait vouloir dire que la faible valeur d'élasticité obtenue par une augmentation de 10 % dans les frais de stationnement est due à l'effet du coût de base nul dont il était question plus haut.

Un changement apporté aux tarifs de transport en commun a très peu d'incidence sur l'utilisation de la voiture, ce qui correspond aux résultats relatifs aux autres aspects du service d'autobus qui ont été examinés.

Variations géographiques des incidences de ces modifications

L'incidence des différentes modifications apportées aux composantes d'accessibilité sont examinées ici pour le coeur de la ville et les banlieues. Pour toutes les modifications de composantes d'accessibilité qui ont été examinées, l'incidence sur l'utilisation de la voiture est la plus importante pour les ménages habitant au centre-ville. Il est possible que les ménages du centre-ville réagissent davantage à ces modifications, parce qu'ils bénéficient généralement de plus de solutions de rechange raisonnables. Notamment, lorsque les activités sont déjà assez proches et que le service d'autobus est assez pratique, comme au centre-ville, on opte plus volontiers pour la marche à pied et l'autobus, qui sont plus efficaces et attrayants.

Sommaire des indications de ces résultats

Les principales indications relatives aux influences sur l'utilisation de la voiture par le ménage qui découlent des résultats des estimations et de l'analyse de sensibilité sont les suivantes.

- Les explications sur la variation des habitudes de déplacement des ménages apportées par l'équation de régression ne sont pas très solides pour la plupart des comportements étudiés. Celles qui ont trait aux déplacements obligatoires sont préférables à celles qui expliquent les déplacements facultatifs. Nous croyons que la variation aléatoire inhérente des habitudes quotidiennes de déplacement d'un ménage donné a contribué à ces explications faibles.

- Collectivement, la variable de la démographie des ménages exerce la plus grande influence des quatre groupes de variables explicatives sur la fréquence d'utilisation de la voiture. Parmi ceux-là, l'appartenance d'une voiture par le ménage a la plus grande influence; elle est suivie par la taille du ménage, le revenu et le nombre de membres travaillant à temps plein. Dans tous les cas, ces influences sont positives, comme prévu. Les types des autres membres du ménage ont une influence moins grande, quoique significative, sur l'utilisation de la voiture.

- L'appartenance de voitures par les ménages est influencée par le même ensemble de variables démographiques des ménages examinées ci-dessus, particulièrement la taille du ménage, le revenu et le nombre de membres travaillant à temps plein. Ici encore, ces influences sont toutes positives et avaient été prévues.

- Lorsqu'on augmente l'accessibilité en voiture des zones résidentielles, il y a une forte augmentation correspondante tant de l'utilisation de la voiture que de l'appartenance de voitures.

- L'augmentation de l'accessibilité à pied des zones résidentielles entraîne une réduction modérée de l'utilisation de la voiture.

- L'existence d'un service d'autobus ainsi que l'accessibilité accrue de l'autobus dans les zones résidentielles entraînent une légère réduction de l'appartenance et de l'utilisation de voitures.

- L'augmentation de l'accessibilité à pied des lieux de travail entraîne une légère diminution de l'utilisation de la voiture, principalement à cause des distances plus courtes entre les activités et l'utilisation moindre de la voiture pour les sorties obligatoires.

- L'accessibilité des lieux de travail en voiture augmente l'utilisation de la voiture. Il en résulte une hausse de la proportion des déplacements en voiture et une augmentation modérée du nombre et de la complexité de sorties obligatoires.

- La densité ne s'est pas révélée être d'une grande importance quant à l'utilisation générale de la voiture par le ménage dans les situations où d'autres variables explicatives, comme la démographie des ménages et l'accessibilité propre au mode, sont incluses dans les équations, en raison de la corrélation de ces facteurs avec la densité. Lorsqu'elle est le seul facteur explicatif, la densité semble être liée d'une manière fortement négative à l'utilisation de la voiture particulière. Quoi qu'il en soit, la densité joue un rôle négatif important en ce qui concerne la proportion de déplacements en voiture, pour les sorties obligatoires en particulier, même lorsque d'autres variables explicatives sont incluses.

- L'accessibilité propre au mode explique mieux l'utilisation de la voiture que la densité. La composante importante de l'accessibilité propre au mode qui a été déterminée par l'analyse de sensibilité est la distribution spatiale des activités, à savoir la proximité physique des destinations pour ces activités, comme le travail, les courses et ainsi de suite. Bien que la densité joue, l'accessibilité intervient par l'effet conjugué de la densité et des utilisations de terrain mixtes. Dans un quartier résidentiel à forte densité qui est exclusivement résidentiel, l'accessibilité à pied et en autobus serait faible en ce qui concerne les magasins, les écoles, le travail, etc.

- La diminution du trajet à pied a l'incidence la plus forte sur l'utilisation totale de la voiture parmi toutes les composantes d'accessibilité examinées, car elle diminue l'utilisation de la voiture, comme prévu. Le deuxième effet en importance résulte de la réduction de la durée des trajets pour tous les modes, à savoir réduire le temps passé dans la voiture, dans l'autobus ou à marcher. Une diminution de la durée de ces trajets correspond à une augmentation de la densité et de l'hétérogénéité de la population et des activités relatives aux emplois. D'autres composantes d'accessibilité ont moins d'incidence sur l'utilisation totale de la voiture, dont le niveau de service d'autobus, les tarifs de transport en commun, la capacité du réseau routier et la vitesse limite sur les artères collectrices. Dans tous les cas, le signe de l'influence, positive ou négative, avait été prévu.

- La majoration de 50 cents des frais de stationnement a fait chuter l'utilisation de la voiture, bien que ces résultats ne soient pas

directement comparables aux autres composantes d'accessibilité indiquées ci-dessus, car le changement est mesuré en cents plutôt qu'en pourcentage.

- Le tracé routier des quartiers n'a pas beaucoup joué en ce qui concerne l'utilisation de la voiture particulière, comme prévu.

6 COMPARAISON AVEC D'AUTRES ÉTUDES

Alors que d'autres études ont conclu que la densité de la population et des emplois jouait un rôle important quant à l'utilisation de la voiture, nous avons constaté que les estimations de paramètre pour de telles densités sont significatives seulement lorsque les variables telles que l'accessibilité propre au mode n'est pas comprise dans les variables explicatives. Nous avons conclu que lorsque l'accessibilité est incluse, elle prend de l'importance, mais pas la densité. Il y a des représentations beaucoup plus exhaustives que les valeurs de densité. En fait, il s'agit des effets de la densité et de la diversité des activités, de sorte qu'il n'est pas surprenant qu'ils usurpent le rôle des valeurs de densité dans l'explication des habitudes de déplacement. Tout ceci voudrait dire que ces valeurs d'accessibilité propres au mode sont des variables explicatives plus appropriées que les mesures de densité examinées en vase clos dans l'étude de l'utilisation de la voiture par le ménage.

De l'avis général, selon les études précédentes, l'utilisation des terrains a une influence directe sur les habitudes de déplacement des ménages, mais pas en ce qui concerne la nature précise et l'ampleur de ces influences. Comme il est indiqué dans le dépouillement des ouvrages, nous estimons que ce manque de concordance découle des différentes méthodologies d'études et donc des variables indicatives et explicatives y afférentes.

Une étude réalisée par Schimek (1996) était basée sur une approche comparable à celle que nous avons retenue. Schimek a analysé les données relatives au millage annuel parcouru par un échantillon de ménages américains, au moyen d'un système de deux régressions linéaires multiples, une pour l'appartenance de voiture et l'autre pour l'utilisation de voitures. La densité résidentielle était comprise dans la variable explicative, mais pas l'accessibilité. Le tableau 10 est une comparaison des résultats de l'étude de Schimek et des résultats de la présente étude. L'influence des variables démographiques et de transport en commun est assez similaire, voire très proche dans certains cas. La seule exception est le nombre d'employés dans le ménage, qui a beaucoup plus d'influence dans l'étude de Schimek. Cette différence pourrait être en partie attribuable à l'ajout d'autres variables de composition des ménages dans cette étude. L'apport important de l'accessibilité propre au mode dans cette étude est évident également. Ce niveau de concordance entre deux études, dans ce domaine, est remarquable.

Tableau10 :
Comparaison des résultats d'élasticité pour l'utilisation de la voiture par les ménages et pour les principales variables explicatives

Variable explicative	Schimek (1996)	Cette étude
Appartenance de voitures par le ménage	0,31	0,43
Revenu du ménage	0,17	0,15
Taille du ménage	0,21	0,21
Nombre d'employés dans le ménage	0,41	0,15
Autobus «disponible»	-0,02	-0,05
Densité de la population	-0,09	s.o.*
Accessibilité en voiture	s.o.	0,04
Accessibilité à pied	s.o.	-0,0

Nota:
* La densité de la population est exclue de ce tableau parce que l'estimation de paramètre correspondante n'a pas de signification statistique.

7 RAMIFICATIONS POLITIQUES

Les décideurs sont nombreux à penser qu'il est essentiel de réduire sensiblement notre dépendance de la voiture particulière. Cette étude jette un peu de lumière sur cette importante question: *Les liens entre l'aménagement urbain et l'utilisation de la voiture particulière sont-ils assez forts pour que des modifications réalisables au niveau de l'aménagement urbain puissent réduire sensiblement notre dépendance de la voiture particulière?* En outre, elle ouvre une nouvelle perspective sur la manière d'appréhender les liens entre la forme que l'on donne au paysage urbain et le déplacement en voiture particulière, pour aider à élucider les lignes de conduite dont nous devrions nous doter.

D'abord, l'étude a confirmé que la démographie des ménages exerce une influence importante sur l'utilisation de la voiture particulière dans le contexte urbain canadien, plus particulièrement l'appartenance d'une voiture particulière par les ménages, le revenu, la taille et le nombre d'employés. Dans une société où les perspectives de prospérité à long terme sont bonnes, il va de soi que l'utilisation de la voiture particulière aura également tendance à augmenter.

Il semblerait que plus il y a de personnes qui travaillent à domicile, plus les ménages utilisent la voiture particulière pour des déplacements facultatifs. La popularité croissante du travail à domicile pourrait faire changer les habitudes de déplacement, quoique leur effet sur l'utilisation de la voiture pourrait, en fait, être contraire aux attentes.

Deuxièmement, les résultats de l'étude laissent aussi entendre que les changements survenus dans l'accessibilité pourraient avoir une incidence importante sur l'utilisation de la voiture particulière. Une meilleure accessibilité en voiture fait grimper l'utilisation de cette dernière, tandis que l'amélioration de l'accessibilité des autres modes examinés (marche à pied, bicyclette et transport en commun) font baisser l'utilisation de la voiture particulière.

Il existe toute une gamme de mesures propres à améliorer l'accessibilité à pied, à bicyclette et en autobus, tant pour les ménages existants que pour les nouveaux. Certaines de ces mesures sont décrites ci-dessous, y compris diverses mesures qui n'ont pas été examinées de façon explicite dans cette étude, mais qui ont un effet sur l'accessibilité. Elles ont été incluses ici pour dresser une liste plus générale à partir de laquelle différentes initiatives politiques pourront être considérées.

Les destinations éventuelles peuvent être rapprochées des zones résidentielles, c'est-à-dire:

- accroître les aménagements à utilisations mixtes;
- localiser les nouveaux lotissements près des destinations éventuelles, par la densification notamment et
- mieux apparier les emplois et les logements dans un secteur.

Les déplacements à pied et à bicyclette pourraient être plus attrayants, c'est-à-dire:

- ajouter des éléments au paysage urbain, comme des arbres le long des trottoirs;
- aménager des pistes cyclables;
- prévoir des itinéraires plus directs, en évitant les tracés curvilignes notamment et
- concevoir des rues mieux adaptées aux piétons, à savoir faciles à traverser et des espaces à l'échelle du piéton (i.e. immeubles près de la chaussée et petits terrains de stationnement).

Les déplacements peuvent être plus sécuritaires, c'est-à-dire:

- améliorer l'éclairage des installations de transport en commun et
- réduire la vitesse automobile (par des mesures d'atténuation, par exemple) et des chaussées plus étroites dans les nouveaux lotissements.

Les déplacements en autobus doivent être plus attrayants et prendre moins de temps, c'est-à-dire:

- itinéraires directs;
- tarifs d'autobus réduits;
- accès plus direct à pied aux arrêts d'autobus;
- service plus fréquent;
- meilleur service d'information pour la clientèle et réseau plus facile à comprendre pour un plus grand nombre de personnes et
- abribus

Outre ces mesures, une diminution de l'utilisation de la voiture et un changement de mode de la voiture à la marche à pied, à la bicyclette ou à l'autobus résulterait probablement d'une réduction de l'accessibilité en voiture, c'est-à-dire notamment:

- majorer le prix du stationnement;
- majorer le prix de l'essence et
- baisser les limites de vitesse sur les routes existantes.

Les résultats de cette étude ont permis de comprendre l'efficacité relative de certaines de ces mesures, pour changer l'accessibilité et ainsi influencer l'utilisation de la voiture. Même des mesures qui ont relativement peu d'effet à elles seules pourraient être incluses dans un ensemble plus important de mesures visant à influencer l'utilisation de la voiture. L'objet de cette étude était de faire des prévisions appropriées sur l'efficacité relative des diverses mesures. La possibilité de changer l'accessibilité dans les aménagements urbains existants, où la forme urbaine a déjà été définie, pourrait être plus limitée que dans les nouveaux aménagements.

Troisièmement, l'étude indique que l'accent mis actuellement sur la densité résidentielle comme l'élément de la forme urbaine qui exerce la «principale» influence sur l'utilisation de la voiture est mal placé. Il faudrait plutôt s'attacher à augmenter l'accessibilité de services d'autobus, des installations piétonnes et de la bicyclette, ainsi que diminuer l'accessibilité en voiture. La densité résidentielle est importante uniquement dans la mesure où elle influence l'accessibilité des déplacements dans les différents modes et influence la proportion des déplacements en voiture pour les sorties obligatoires. L'élément clé est la proximité des destinations éventuelles aux résidences, qui a un lien avec l'hétérogénéité des utilisations, la densité et la nature des réseaux de transport reliant ces destinations.

Enfin, dans le contexte urbain moderne au Canada, il semble qu'un tracé routier traditionnel dans un quartier nouvellement construit aurait, à lui seul, un impact très limité sur l'utilisation de la voiture particulière. Toutefois, si ce genre d'aménagement classique modifie aussi l'accessibilité, sans doute parce qu'elle comporte des utilisations mixtes et attire des ménages ayant un certain profil démographique, alors ce genre de conception pourrait changer les habitudes relativement à l'utilisation de la voiture particulière.

8 CONCLUSIONS

On trouvera dans cette section les conclusions sur les résultats de l'étude, c'est-à-dire ce que nous avons appris sur le réseau urbain et les habitudes de déplacement des ménages, ainsi que les méthodes propres à étudier les liens qui existent entre eux.

Sommaire des principales constatations

Les habitudes de déplacement des ménages sont très variables.
Pour la plupart, la variation en ce qui concerne l'utilisation de la voiture ne peut pas être expliquée par le groupe de facteurs examinés ici, puisqu'il comprend toute une gamme de variables démographiques, de tracés routiers résidentiels, de mesures de densité et d'accessibilité du domicile et du travail par différents modes. Les valeurs R^2_{adj} pour les diverses exécutions n'ont pas excédé 0,33. Nous pensons qu'il en est ainsi à cause de l'extrême variabilité inhérente des habitudes de déplacement des ménages de jour en jour. Les variations dans le nombre de sorties obligatoires ont apporté les meilleures explications de toutes celles qui ont été examinées. En général, la variation des déplacements obligatoires s'explique mieux que la variation des déplacements facultatifs.

Les variables démographiques ont le plus d'influence sur l'utilisation de la voiture.
Au nombre de tous les groupes de variables examinés dans cette étude, c'est celui des variables démographiques des ménages qui s'est révélé influer le plus sur la fréquence d'utilisation de la voiture, et c'est l'appartenance d'une voiture qui exerce le plus d'influence. Les facteurs qui influencent le plus l'appartenance d'une voiture sont le nombre de personnes que compte le ménage et l'accessibilité en voiture de la zone du domicile. Ce dernier point indique que dans les quartiers où les activités sont espacées, le stationnement est gratuit et d'autres aspects sont associés à l'accessibilité élevée de la voiture, les ménages ont tendance à acquérir plus d'automobiles. Le revenu du ménage a aussi une forte influence sur l'appartenance de voitures.

Parmi les autres variables démographiques, la taille du ménage, le revenu du ménage, les rôles des membres du ménage (relativement au cycle de vie familial) et le nombre de membres du ménage qui travaillent sont les prochains facteurs en importance en ce qui concerne la fréquence d'utilisation de la voiture.

Les variables d'accessibilité influencent beaucoup l'utilisation de voitures.
L'accessibilité propre au mode (mesures représentant la proximité des activités, telles que le travail et le domicile, ainsi que la facilité et le coût des déplacements entre ces derniers) a une influence relativement forte sur l'utilisation de voitures par le ménage. L'accessibilité reflétant les conditions dans les zones où se trouve le domicile montre plus d'influence que l'accessibilité des zones où se trouve le lieu de travail.

Les mesures d'accessibilité captent les rapports complexes entre plusieurs facteurs, dont la distance entre les activités (au regard de la densité et des utilisations de terrains mixtes), les frais de stationnement, les tarifs d'autobus et la capacité des routes. Lorsque les activités sont rapprochées physiquement et que le coût de stationnement est majoré, il en résulte des réductions considérables du KTV. Si on augmente, par exemple, le coût du stationnement de 50 cents, le KTV peut baisser de 3,4 %. De plus, quand on réduit de 10 % le trajet à pied en rapprochant les activités, le KTV enregistre une baisse de 3,3 %.

Lorsque l'accessibilité en voiture de la résidence augmente (i.e. il est plus facile et moins coûteux de se servir de la voiture), les ménages ont tendance à s'acheter plus de voitures, à faire plus de sorties plus longues et axées sur la voiture et à faire moins de sorties obligatoires lorsque ces dernières sont comparativement plus longues et

axées sur la voiture, de sorte qu'ils ont tendance à utiliser la voiture beaucoup plus dans l'ensemble. L'accessibilité en voiture du lieu de travail exerce à peu près le même genre d'influence: plus elle augmente, plus les ménages ont tendance à faire plus de sorties obligatoires plus complexes et axées sur la voiture et à se servir de la voiture pour une plus grande proportion de sorties facultatives.

Lorsque l'accessibilité à pied du domicile s'accroît, les ménages ont tendance à acquérir moins de voitures et à faire plus de sorties moins longues et moins axées sur la voiture, de sorte qu'ils utilisent la voiture moins en général. Lorsque l'accessibilité à pied du lieu de travail augmente, les ménages commencent à faire des sorties obligatoires légèrement plus courtes et plus complexes, et à utiliser la voiture beaucoup moins, bien que le nombre de sorties obligatoires demeure essentiellement inchangé. On peut raisonnablement s'attendre à ce que l'accessibilité à bicyclette présente à peu près le même profil, mais il est difficile de discerner une influence distincte dans les fortes corrélations entre l'accessibilité à pied et à bicyclette à partir des données recueillies.

L'influence de l'accessibilité sur l'utilisation de la voiture est plus importante que l'influence de la densité individuellement.
Les variables de densité de la population et des emplois peuvent sembler avoir une influence statistiquement significative et même appréciable dans les équations de régression portant sur l'utilisation de la voiture lorsque d'autres variables, comme le revenu des ménages, qui sont en corrélation avec la densité, sont exclues. L'influence apparente de la densité disparaît presque entièrement lorsque d'autres variables sont mises en corrélation, plus particulièrement lorsque l'accessibilité propre au mode est incluse dans les équations.

Il est plus approprié d'utiliser l'accessibilité propre au mode que la densité dans ces équations de régression, car elle capte l'interaction complexe entre une vaste gamme de facteurs, y compris la proximité des activités. Même si la densité intervient dans la proximité des activités, elle devrait être examinée parallèlement aux utilisations de terrain mixtes et à d'autres facteurs d'accessibilité. Ainsi, des quartiers à population dense seraient associés à l'accessibilité et l'utilisation accrues de la voiture si on n'y trouve aucun magasin, emploi ou autres destinations non résidentielles, du stationnement gratuit, un piètre service d'autobus et des artères à forte capacité. L'utilisation de la voiture serait également fonction du revenu, du ménage, de sa taille et d'autres variables démographiques.

Le tracé routier a peu d'influence sur l'utilisation de la voiture.
Les tracés routiers résidentiels ont une influence légère, quoique uniforme, sur l'utilisation de la voiture par les ménages. Les tracés routiers rectangulaires et réguliers sont généralement associés à une utilisation légèrement réduite de la voiture. Ces effets sembleraient toutefois être beaucoup moins marqués que ce que laissent entendre les autres ouvrages.

Différentes variables significatives fournissent différentes indications
Outre l'utilisation et l'appartenance de voitures, différents aspects des déplacements des ménages ont été examinés, dont le nombre de sorties, de trajets par sortie, la distance parcourue chaque fois et la proportion de déplacements par voiture. Les effets de certains facteurs sur ces différents aspects variaient considérablement par rapport à leur influence sur l'utilisation générale de la voiture. Par exemple, la taille des ménages a beaucoup d'influence positive sur l'utilisation de la voiture en général, mais réduit aussi la proportion de tous les déplacements en voiture. Ces résultats et indications ne sont pas contradictoires, mais aident plutôt à mieux comprendre la nature de l'influence de différents facteurs sur les habitudes de déplacement des ménages et la nature des déplacements des ménages en général. Ces différences concernant les composantes des déplacements des ménages pourraient être très utiles pour expliquer pourquoi les études qui ont analysé différentes formes de variables éducatives ont abouti à des indications apparemment contradictoires sur l'influence de certaines variables explicatives.

L'accès au transport en commun a peu d'influence sur l'utilisation de la voiture. Lorsque l'accessibilité du domicile en autobus augmente, les ménages ont tendance à posséder un peu moins d'automobiles et à faire un plus grand nombre de sorties obligatoires moins longues, de sorte qu'ils sembleraient utiliser la voiture un peu moins dans l'ensemble. Dans la même veine, les ménages habitant les zones sans service de transport en commun ont tendance à posséder plus de voitures, à faire moins de sorties plus longues et axées sur la voiture, de sorte qu'ils ont tendance à utiliser la voiture davantage dans l'ensemble.

Sommaire des ramifications politiques des constatations

Bien que cette étude montre que l'utilisation de la voiture est largement influencée par des facteurs indépendants de la volonté des urbanistes et ingénieurs, elle montre aussi que les mesures prises en urbanisme pour accroître l'accessibilité des sentiers pédestres, des autobus et des pistes cyclables, et diminuer l'accessibilité par voiture, peuvent réduire considérablement l'utilisation de la voiture. Les effets cumulatifs de ces mesures seront plus grands que les effets individuels. En voici des exemples :

- réduire le trajet à pied en rapprochant les activités, par densification et aménagements à utilisations mixtes;
- majorer les prix du stationnement et de l'essence pour rendre l'utilisation de la voiture plus coûteuse;
- offrir des itinéraires plus directs pour les piétons et les cyclistes afin d'écourter leur trajet;
- concevoir des rues mieux adaptées aux piétons par un paysage urbain plus agréable, des abribus, des rues faciles à traverser et des espaces à l'échelle du piéton (i.e. édifices près des rues et petits terrains de stationnement);
- prendre des mesures pour ralentir les voitures, comme les mesures d'atténuation sur les rues existantes, de même que des chaussées plus étroites dans les nouveaux quartiers;
- privilégier les tracés de rue rectilignes et réguliers plutôt que les tracés curvilignes;
- réduire les tarifs d'autobus;
- donner la priorité aux autobus pour réduire les trajets, particulièrement là où il y a une augmentation correspondante du trajet en automobile.

Au nombre de mesures qui ont été examinées dans la présente étude, la diminution des trajets à pied serait la plus efficace, puis viendrait l'augmentation des trajets en voiture, toutes proportions gardées. Il semblerait aussi que la majoration des prix de stationnement serait relativement efficace, bien que l'analyse n'ait pas permis de faire une comparaison directe. Plusieurs de ces mesures conjuguées, devraient avoir un effet cumulatif.

L'introduction de tracés routiers plus rectangulaires et réguliers dans les quartiers entraînerait peu de réduction dans l'utilisation de la voiture par les ménages en général. Il va sans dire que ce genre de mesures ne permettrait pas d'apporter des modifications importantes.

Une densité plus forte, particulièrement dans un secteur assez vaste, pourrait vraisemblablement réduire l'utilisation de la voiture dans la mesure où elle intervient pour accroître l'accessibilité autrement qu'en voiture. Effectivement, la densité, alliée à des utilisations mixtes et à d'autres facteurs d'accessibilité, influence l'utilisation de la voiture en rapprochant les activités et en les rendant plus accessibles à pied, en autobus et à bicyclette, ce qui réduit le KTV. L'augmentation de la densité d'un quartier agit également «directement» pour faire baisser légèrement la proportion de déplacements obligatoires en voiture, toutes proportions gardées. Ce ne serait toutefois pas suffisant pour influencer l'utilisation de la voiture en général, au-delà des effets relatifs à l'accessibilité. Au lieu d'implanter des lignes de conduite pour accroître la densité en vase clos, il serait beaucoup plus efficace d'adopter un ensemble de mesures propres à accroître l'accessibilité autrement qu'en voiture et à diminuer l'accessibilité en voiture, à savoir des activités résidentielles et non résidentielles mixtes, plus de stationnement, une réduction de la capacité des artères, etc.

Contraintes possibles

Les mesures d'accessibilité examinées dans l'étude ne donnent pas nécessairement une représentation complète de la proximité de toutes les destinations pertinentes qui influencent les habitudes de déplacement des ménages. Pour ce faire, il faudrait inclure des comparaisons entre villes, ce qui n'était pas possible dans cette étude parce que les données provenaient uniquement d'Edmonton. Quoi qu'il en soit, pour obtenir des indications utiles en ce qui concerne les ramifications politiques, il convient beaucoup plus de se pencher sur les répercussions des mesures au niveau des quartiers.

L'inclusion des trajets effectués durant le week-end dans les données de l'enquête aurait permis de brosser un tableau plus complet des habitudes de déplacement, particulièrement pour les sorties facultatives. Nous ne disposons toutefois que de données pour un seul jour en semaine.

Les résultats sont fonction de conditions particulières d'Edmonton. Les différences qui existent entre Edmonton et d'autres villes canadiennes pourraient influer sur l'applicabilité des résultats.

- De nombreux nouveaux quartiers en banlieue d'Edmonton ont une densité relativement forte de plus de 30 personnes par hectare, ce qui est plus élevé que les densités types des banlieues d'autres villes canadiennes (Raad et Kenworthy, 1998).

- Edmonton bénéficie d'une circulation automobile où les bouchons sont rares. Par conséquent, la réduction de 10 % dans la capacité routière qui a été appliquée dans l'analyse de sensibilité a eu peu d'impact sur la durée des trajets et donc sur l'accessibilité.

Or, une comparaison des caractéristiques d'Edmonton et de celles d'autres villes canadiennes, à savoir le service d'autobus, l'achalandage du transport en commun, le pourcentage de personnes se rendant au travail à bicyclette, la densité urbaine globale et la proportion d'emplois dans le quartier central des affaires indique que, en général, Edmonton est une ville assez typique du Canada. Ces statistiques révèlent qu'elle a beaucoup plus d'éléments communs avec les villes canadiennes qu'avec les villes américaines (Raad et Kenworthy, 1998).

Une autre contrainte est due au fait que certains aspects qualitatifs de l'aménagement urbain n'ont pas été inclus, bien qu'ils puissent influencer le choix de se rendre quelque part à pied, à bicyclette ou en autobus. Par intuition, on sait que les gens sont plus portés à marcher ou à prendre leur bicyclette (sur des distances raisonnables) si l'expérience esthétique comprend des éléments comme des arbres, des trottoirs larges, une architecture intéressante et une échelle humaine.

L'étude n'a pas examiné la myriade d'effets que peuvent avoir les mesures d'atténuation de la circulation mises en oeuvre sur autre chose que les artères collectrices pourraient avoir sur l'utilisation de la voiture. Le mandat de l'étude était limité aux effets de certaines modifications apportées à la capacité et à la vitesse, qui pourraient résulter de ces mesures d'atténuation. Plus précisément, elle n'a pas tenu compte des réductions au niveau de l'utilisation de la voiture qui pourraient résulter des mesures d'atténuation qui rendent la conduite plus difficile et plus lente par l'introduction d'un tracé sinueux, de voies étroites et d'un plus grand nombre d'arrêts. Ceci laisse entendre que les effets de l'atténuation de la circulation seraient plus efficaces que les effets assez modestes des réductions de vitesse et de capacité obtenues ici, mais nous ignorons exactement dans quelle mesure. On pourrait aussi indiquer que l'effet global sur l'utilisation de la voiture serait assez négligeable. Une étude plus approfondie serait nécessaire pour pouvoir tirer des conclusions bien définies.
Il importe de signaler que les résultats obtenus dans cette étude n'indiquent pas de liens de causalité pour les rapports cernés entre les éléments d'aménagement urbain et les composantes des déplacements des ménages en général et de l'utilisation de la voiture en particulier. Les résultats indiquent que:

- les ménages habitant les secteurs où il existe certaines conditions ont tendance à réagir à ces conditions;
- les ménages qui se comportent d'une certaine façon ont également tendance à choisir des endroits ayant certaines conditions ou
- l'une ou l'autre de ces options.

Il faut comprendre, dans une perspective politique, que ces résultats au sens le plus précis n'indiquent pas que les modifications apportées à certains éléments de l'aménagement urbain provoqueront nécessairement des changements dans les habitudes de déplacement des ménages. Il est vraisemblable qu'il en soit ainsi, et beaucoup de discussions sur les constatations et les ramifications politiques dans ce rapport sont basées sur cette hypothèse. Les données utilisées dans cette étude recoupent différentes sections, portent sur un seul point dans le temps et il faudrait un ensemble de données évoluant dans le temps pour obtenir des indications qui font abstraction de cette hypothèse.

Orientation à donner aux travaux futurs

Il y a quatre grands domaines où d'autres travaux seraient nécessaires pour aider les chercheurs et les décideurs au Canada à mieux comprendre l'influence globale de l'aménagement urbain sur l'utilisation de la voiture en général.

- Au sens le plus précis, les résultats obtenus dans cette étude ne portent que sur les ménages de la région d'Edmonton. Il conviendrait de réaliser des études similaires dans d'autres centres urbains au Canada, pour voir si les résultats seraient à peu près les mêmes et afin que des mesures de densité à la grandeur d'une région urbaine puissent être examinées en plus des mesures que comporte cette étude au niveau du quartier, pour le travail et le domicile. Toutefois, comme il est dit plus haut, une comparaison de l'utilisation du transport en commun et d'autres caractéristiques montre qu'Edmonton est plus typique d'une ville canadienne que d'une ville américaine.

- Les résultats ont trait aux habitudes de déplacement en octobre et en novembre, c'est-à-dire à la fin de l'automne et au début de l'hiver au Canada.

- Toutefois, comme il est dit plus haut, une comparaison de l'utilisation du transport en commun et d'autres caractéristiques montre qu'Edmonton est plus typique d'une ville canadienne que d'une ville américaine.

- Les résultats ont trait aux habitudes de déplacement en octobre et en novembre, c'est-à-dire la fin de l'automne et au début de l'hiver au Canada. Au cours du mois de novembre durant l'enquête, la température moyenne d'Edmonton était de -4,6° C, les températures journalières moyennes variant entre -0,1° C et -9,1° C. Il va de soi que des déplacements à pied et à bicyclette seraient moins nombreux que lorsqu'il fait plus chaud. Il serait approprié de répéter l'analyse avec des données recueillies en été.

- Cette étude a traité les données de déplacement des ménages pour un seul jour en semaine. Ceci comporte des contraintes: il y a d'importantes variations dans les déplacements d'un jour de semaine à un autre, et les déplacements en fin de semaine sont entièrement omis. Cependant, comme la collecte de données exhaustives sur les habitudes de déplacement des ménages coûte cher, il se peut que peu de ménages soient disposés à faire l'effort.

- Cette étude a examiné l'utilisation de l'accessibilité propre au mode dans la description et la quantification des aspects de l'aménagement urbain. Il faudrait approfondir les recherches pour déterminer l'ampleur des répercussions sur les lignes de conduite encourageant de nouvelles formes d'aménagement urbain sur l'accessibilité propre au transport et, par conséquent, en ce qui concerne l'ampleur des répercussions potentielles sur l'utilisation de la voiture particulière.

9 BIBLIOGRAPHIE

Active Living. (no date). *Developing Communities for Active Transportation.* Prepared for Health Canada by Active Living - Go for Green, Gloucester ON, Canada.

Adler, J. (1995). "Paved paradise." *Newsweek Magazine* (May 15): 42-45.

Anderson, W.P., P. Kanaroglou and E. Miller. (1996). "Urban form, energy, and the environment: a review of issues, evidence and policy." *Urban Studies.* 33: 7-35.

Angus Reid Group. (1991). *The Urban Canada Report: The Views and Attitudes of Residents of Eight Major Cities in Canada.* Angus Reid Group, Winnipeg MB, Canada.

Banister, D. (1992). "Energy Use, Transport and Settlement Patterns." *In Sustainable Development and Urban Form.* Edited by M. J. Breheny. London, United Kingdom: Pion Limited.

Berman, M.A. (1996). "The transportation effects of neo-traditional development." *Journal of Planning Literature.* 10(4): 347-363.

Bookout, L.W. (1992a). "Neotraditional town planning: A new vision for the suburbs?" *Urban Land.* 51(1): 20-32.

———. (1992b). "Neotraditional town planning: Cars, Pedestrians and Transit." *Urban Land.* 51(2): 10-15.

Brindle, R. (1994). "Lies, damned lies and 'Automobile Dependence' - some hyperbolic reflections." *Proceedings of the 19th Australian Transport Research Forum.* Lorne, Australia, September 1994.

Cervero, R. (1989). *America's Suburban Centers: The Land Use Transportation Link.* Unwin Hyman, Boston MA. United States.

Cervero, R. and R. Gorham. (1995). "Commuting in transit versus automobile neighborhoods." *Journal of the American Planning Association.* 61(2): 210-225.

City of Edmonton. (1997a). *Socio-Economic Forecasts 1997-2002.* Planning and Development Department, City of Edmonton, Edmonton AB, Canada.

Crane, R. (1996a). "On form versus function: will the new urbanism reduce traffic or increase it?" *Journal of Planning Education and Research.* 15: 117-126.

———. (1996b). "Cars and drivers in the new suburbs: linking access to travel in neo-traditional planning." *Journal of the American Planning Association.* 62(1): 51-65.

Duany, A. and E. Plater-Zyberk. (1991). *Towns and Town-Making Principles.* New York, NY: Rizzoli.

———. (1992). "The second coming of the American small town." *Wilson Quarterly.* Winter: 19-50.

Dunphy, R.T. and K.M. Fisher. (1994). "Transportation, congestion, and density: new insights." Presented at the 73rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC, United States, January 1994.

Ewing, R. (1995). "Beyond density, mode choice and single-purpose trips." Presented at the 74th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC, United States, January 1995.

Frank, L.D. (1994). "The impacts of mixed use and density on the utilization of three modes of travel: the single occupant vehicle, transit, and walking." Presented at the 73rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC, United States, January 1994.

Frank, L.D. and G. Pivo. (1994). "Impacts of mixed use and density on utilization of three modes of travel: single-occupant vehicle, transit, and walking." *Transportation Research Record.* 1466: 44-52.

Gilbert, R. (1995). "Urbanization and Transportation in the Toronto Region." Presented at Les régions urbaines: des réalités, des projets conference, Lyon, France, December 1995.

Giuliano, G. (1989). *Literature Synthesis: Transportation and Urban Form.* United States Federal Highway Administration, Washington DC, United States.

Giuliano, G. and K. Small. (1993). "Is the journey to work explained by urban structure?" *Urban Studies.* 30(9): 1485-1500.

Gomez-Ibanez, J.A. (1991). "A global view of automobile dependence: review of 'Cities and Automobile Dependence: an International Handbook' by PWG Newman and JR Kenworthy." *Journal of the American Planning Association.* 57(3): 376-379.

Handy, S. (1992a). "Regional versus local accessibility: variation in suburban form and the implications for nonwork travel." Unpublished PhD Dissertation, University of California at Berkeley, Berkeley CA, United States.

———. (1992b). *How land use patterns affect travel patterns: a bibliography.* Bibliography number 279. Council of Planning Librarians, Chicago IL, United States.

———. (1992c). "Regional versus local accessibility: neo-traditional development and its implications for non-work travel." *Built Environment.* 18(4): 253-267.

———. (1993). "Regional versus local accessibility: implications for nonwork travel." *Transportation Research Record.* 1400: 58-66.

———. (1995). "Understanding the Link Between Urban Form and Travel Behaviour." Paper presented at the 47th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, January.

———. (1996). "Understanding the Link Between Urban Form and Non-work Travel Behaviour." *Journal of Planning Education and Research.* 15: 183-198.

Holtzclaw, J. (1990). *Explaining Urban Density and Transit Impacts on Auto Use.* Presented by the Natural Resources Defence Fund and the Sierra Club to the State of California Energy Resources Conservation and Development Commission (April 19) and published by the Sierra Club, San Francisco CA, United States in 1991 and edited by Calthorpe Associates.

Hunt, J.D. (1995). "Trip Chain Generation Rates in Edmonton." Presented at the University of Calgary University of Alberta Joint Graduate Student Symposium, Red Deer AB, Canada, May 1995.

Hunt, J.D., A.T. Brownlee and L.P. Doblanko. (1998). "Design and calibration of the Edmonton Transport Analysis Model." Presented at the 77th Annual Transportation Research Board Conference, Washington DC, United States, January 1998.

IBI Group. (1993). "Environmental Review of the Regional Official Plan" Background Paper on Environment, Transportation and Land Use." Prepared for the Regional Municipality of Ottawa-Carleton, Ottawa, Canada.

IBI Group and Stephen McLaughlin Consultants. (1990). "Description of Urban Structure Concepts; Background Report 1 of the Greater Toronto Area Urban Structure Concepts Study." Greater Toronto Coordinating Committee, Toronto ON, Canada.

Kitamura, R., P. Mokhtarian and L. Laidet. (1994). *A Micro-Analysis of Land Use and Travel in Five Neighbourhoods in the San Francisco Bay Area*. Institute of Transportation Studies, University of California at Davis, Davis CA, United States.

McPhail, Judith with Ted Broadway, Carol Jacobsen and Patricia North. (1998). *The Health Effects of Ground-Level Ozone, Acid Aerosols and Particulate Matter*. Ontario Medical Association.

Natural Resources Canada. (1997). *Canada's Energy Outlook 1996-2020*. Ottawa: Natural Resources Canada.

Newman, P.W.G. and J.R. Kenworthy. (1989a). *Cities and Automobile Dependence: A Sourcebook*. Gower Technical Press, Brookfield VT, United States.

———. (1989b). "Gasoline consumption and cities: a comparison of US cities with a global survey." *Journal of the American Planning Association*. 55(1): 24-37.

NRTEE (National Roundtable on the Environment and the Economy). (1997). *State of the Debate on the Environment and the Economy: The Road to Sustainable Transportation in Canada*. Ottawa: Renouf Publishing Co. Ltd.

PBQD (Parsons Brinkerhoff Quade Douglas). (1996). *Transit and Urban Form*; Transit Cooperative Research Program Report 16, Volume 1, Part 1: Transit, Urban Form and the Built Environment - A Summary of Knowledge. United States Transportation Research Board, National Academy Press, Washington DC, United States.

Patterson, J., D. Budziszewska, C. Douchant and H. Koehl. (1993). "Urban public transit and sustainable cities." *Sustainable Cities*. 6: 1-10.

Raad, T. and J. Kenworthy. (1998). "The US and us." *Alternatives Journal*. 24(1): 14-22.

Schimek, P. (1996). "Household Motor Vehicle Ownership and Use: How Much Does Residential Density Matter?" *Transportation Research Record*. 1552: 120-125.

Steiner, R.L. (1994). "Residential density and travel patterns: review of the literature." *Transportation Research Record*. 1466: 37-43.

TAC (Transportation Association of Canada). (1996). *Urban Transportation Indicators in Eight Canadian Urban Areas*. Transportation Association of Canada, Ottawa ON, Canada.

White, K.J. (1997). *SHAZAM User's Reference Manual*. Version 8.0. McGraw-Hill, Toronto ON, Canada.

NOTES DE FIN DE TEXTE

1 Il est difficile de sélectionner une mesure appropriée de la densité dans l'étude des nouveaux lotissements d'une ville. Si seulement une partie d'un nouveau quartier a été construite et que les terrains vagues sont entremêlés de petits quartiers bâtis, la densité d'aménagement calculée pour le quartier est faible si l'on inclut les terrains vagues (pour une densité sur une vaste superficie) et beaucoup plus élevée si seuls les quartiers bâtis sont inclus (pour une densité de microzones ou une approximation de la densité au moment de l'achèvement de la construction dans le secteur). Apriori, il n'est pas évident de choisir la bonne mesure à utiliser dans l'analyse des influences sur l'utilisation de la voiture, si bien que les deux ont été utilisées dans cette étude.

2 Diverses variables de personnes types et d'emplois types, telles que HSHHS et HNGSC pour le nombre d'étudiants au deuxième cycle des études secondaires et le nombre d'étudiants à l'école primaire respectivement, sont utilisées avec une variable pour la taille du ménage. Ceci facilite la représentation de la composition des âges et de la situation d'emploi dans le ménage, donc le stade du cycle de vie du ménage avec la taille du ménage.

3 Les valeurs indiquées pour les majorations de 50 cents dans le prix du stationnement ne sont pas des unités de changement comparables directement. Elles diffèrent des autres variables en ce sens qu'elles sont absolues (50 cents) et non relatives (10 %), comme il est indiqué.

4 Lorsque les trois durées de trajet ont été réduites simultanément, les élasticités ont pu capter les changements d'un mode à un autre. Par exemple, lorsque les destinations d'activités sont rapprochées, la marche à pied et l'autobus deviennent des options plus efficaces et attrayantes, ce qui fait baisser l'utilisation de la voiture. Toutefois, lorsque les durées de trajet en voiture sont réduites et tous les autres paramètres sont constants, le changement de mode à la marche à pied et en autobus n'apparaît pas, de sorte que l'utilisation de la voiture tend à augmenter.